

Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería Civil

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL ALUMBRADO PÚBLICO DE HUÉVAR DEL ALJARAFE

Autor: Jaime Ramos Hoyuela

Tutor: Jaime Navarro Casas

Departamento de Construcciones Arquitectónicas
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, a septiembre de 2019



Departamento de
Construcciones
Arquitectónicas 1

Trabajo de Fin de Grado
Grado en Ingeniería Civil

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL ALUMBRADO PÚBLICO DE HUÉVAR DEL ALJARAFE

Autor:

Jaime Ramos Hoyuela

Tutor:

Jaime Navarro Casas

Catedrático de Universidad

Departamento de Construcciones Arquitectónicas I

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, septiembre de 2019

Trabajo de Fin de Grado:
ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL ALUMBRADO PÚBLICO DE HUÉVAR DEL ALJARAFE

Autor: Jaime Ramos Hoyuela

Tutor: Jaime Navarro Casas

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2019

El Secretario del Tribunal

A mi familia

Agradecimientos

Me gustaría empezar agradeciendo a mi familia, por el apoyo y los ánimos que nunca han dejado de darme a lo largo de toda esta carrera. Especialmente, a mis padres y abuela, que han tenido que soportarme en los peores momentos, que no es fácil.

También, agradecer enormemente a Jaime, mi tutor, por haberme prestado su ayuda y atención en la realización de este Trabajo de Fin de Grado.

Por último, a mis amigos, que han hecho que estos 5 años de estudios hayan sido muy amenos e incluso divertidos. Gracias.

Jaime Ramos Hoyuela

Sevilla, 2019

Resumen

La finalidad de este trabajo es poner en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de esta carrera, así como profundizar en los mismos. En especial los referentes al alumbrado, dentro de la rama de servicios urbanos.

El estudio consiste en el diseño del alumbrado de los espacios públicos de la localidad de Huévar del Aljarafe, esperando que sirvan de ayuda en un futuro proyecto de renovación de la red. Las zonas que abarca el estudio son: el alumbrado de viarios, centros deportivos, plazas, fachadas de edificios y zonas verdes.

En el diseño se incluye la elección de las luminarias, teniendo en cuenta el flujo luminoso necesario y la potencia consumida. Se buscará una correcta posición de los puntos de luz que garantice un alumbrado de calidad y que suponga un ahorro económico en el consumo eléctrico respecto a la red existente. En el alumbrado de viarios se hará un análisis más exhaustivo que en el resto, con la intención de encontrar la posición óptima de los puntos de luz. En este alumbrado es donde hay un mayor número de luminarias, de ahí que se pueda conseguir un mayor ahorro.

Todas las luminarias que se utilicen en el estudio serán de tipo LED, por ser la tecnología que mejores prestaciones ofrece actualmente.

Los cálculos luminotécnicos se realizarán con el software DIALux para comprobar que los niveles de iluminación cumplen con la normativa.

Por último, se obtendrá el cálculo del consumo eléctrico de la instalación propuesta y de la actual para establecer una comparación entre ambas.

ÍNDICE

Agradecimientos	ix
Resumen	xi
Índice	xiii
Índice de Tablas	xv
Índice de Figuras	xvii
1 OBJETIVO	11
2 LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	13
3 ANTECEDENTES	15
4 ESTADO DEL ARTE	17
4.1 Conceptos previos sobre iluminación	17
4.2. Componentes principales del alumbrado	19
4.3. Tecnología LED	19
4.4. Ámbito normativo	20
5 METODOLOGÍA	21
6 ALUMBRADO VIAL	23
6.1. Clasificación de los viarios y clase de alumbrado	23
6.2. Eficiencia energética en viarios	27
6.3 Análisis de las secciones	30
6.4. Parámetros orientativos	33
6.5. Resultados	35
6.5.1 Sección 1	35
6.5.2. Sección 2	43
6.5.3 Sección 3	52
6.5.4. Sección 4	58
7 ALUMBRADO DE PLAZAS Y EDIFICIOS	63
7.1. Plaza de España	63
7.2. Fachada del ayuntamiento	66
7.3. Plaza Marqués de Villavelviestre	69
8 ALUMBRADO DEPORTIVO	73
8.1. Pista de fútbol	76
8.2. Pista de Baloncesto	79
9 ALUMBRADO DE PARQUES	85
9.1. Parque municipal Saharaui	86
9.2. Parque municipal Andalucía	93
10 CONSUMO ELÉCTRICO	101
11 CONCLUSIONES	105
12 REFERENCIAS	107
13 ANEJOS	109
ANEJO I. CÁLCULO LUMINOTÉCNICO DE LOS VIARIOS	109
ANEJO II. CÁLCULO LUMINOTÉCNICO DEL RESTO DE ZONAS	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4-1 Índice de deslumbramiento máximo	18
Tabla 6-1 Clasificación de las vías (ITC EA – 02) [1]	24
Tabla 6-2 Clases de alumbrado para vías tipo B (ITC EA-02) [1]	24
Tabla 6-3 Tipos de transmisión y frecuencia central	25
Tabla 6-4 Clases de alumbrado para vías tipo C y D (ITC EA-02) [1]	25
Tabla 6-5 Clases de alumbrado para vías tipo E (ITC EA-02) [1]	26
Tabla 6-6 Series S de clase de alumbrado para vías tipo D y E (ITC EA-02) [1]	26
Tabla 6-7 Nueva norma iluminación de carreteras [14]	27
Tabla 6-8 Nueva norma iluminación carreteras [14]	27
Tabla 6-9 Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial funcional	28
Tabla 6-10 Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial ambiental	28
Tabla 6-11 Valores de eficiencia energética de referencia (ITC EA-01) [1]	29
Tabla 6-12 Calificación energética de una instalación de alumbrado (ITC-EA-01) [1]	29
Tabla 6-13 Etiquetas de consumo energético de la instalación (ITC EA-01) [1]	30
Tabla 6-14 Agrupación de los viarios según su sección	31
Tabla 6-15 Alturas punto de luz secciones 1,2,3,4	34
Tabla 6-16 Disposiciones de las luminarias	34
Tabla 7-1 Resultado de superficies	64
Tabla 7-2 Niveles mínimos de iluminancia media en servicio del alumbrado ornamental [1]	66
Tabla 7-3 Resultado fachada	68
Tabla 7-4 Resultado de superficies	70
Tabla 8-1 Tabla 2 Norma UNE-EN 12193 [9]	74
Tabla 8-2 Requisitos norma 12193, tabla A.21 [9]	75
Tabla 8-3 Puntos cálculo GR campo de fútbol	79
Tabla 8-4 Puntos cálculo GR campo de baloncesto	81
Tabla 9-1 Niveles de iluminación obtenidos	88
Tabla 0-1 Consumo luminarias de vapor mercurio. [2]	101
Tabla 10-2 Potencias propuestas y actuales	101
Tabla 10-3 Potencia sección 1	102
Tabla 10-4 Potencia sección 2	102
Tabla 10-5 Potencia sección 3	102
Tabla 10-6 Potencia sección 4	103
Tabla 10-7 Potencia plazas y edificios	103

Tabla 10-8 Potencia parques	103
Tabla 10-9 Potencia total	103
Tabla 10-10 Horas de alumbrado	103
Tabla 10-11 Total ahorro	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Sevilla. [5]	13
Figura 2-2 Huévar del Aljarafe. [10]	13
Figura 6-1 Sección 1	31
Figura 6-2 Sección 2	32
Figura 6-3 Sección 3	32
Figura 6-4 Sección 4	33
Figura 6-5 Esquema tipos de disposición (unilateral, bilateral al tresbolillo y bilateral pareada) [12]	34
Figura 6-6 Luminaria Luma	35
Figura 6-7 Resultados sección 1 (Luma)	36
Figura 6-8 Resultados sección 1 (Luma)	37
Figura 6-9 Resultados sección 1 (Luma)	38
Figura 6-10 Luminaria Iridium	39
Figura 6-11 Resultados sección 1 (Iridium)	39
Figura 6-12 Resultados sección 1 (Iridium)	40
Figura 6-13 Resultados sección 1 (Iridium)	41
Figura 6-14 Resultados final sección 1 (Luma)	42
Figura 6-15 Resultados final sección 1 (Luma)	43
Figura 6-16 Luminaria CitySoul	44
Figura 6-17 Resultados sección 2 (CitySoul)	45
Figura 6-18 Resultados sección 2 (CitySoul)	45
Figura 6-19 Resultados sección 2 (CitySoul)	46
Figura 6-20 Resultados sección 2 (CitySoul)	46
Figura 6-21 Resultados sección 2 (CitySoul)	47
Figura 6-22 Luminaria Harmony	48
Figura 6-23 Resultados sección 2 (Harmony)	48
Figura 6-24 Resultados sección 2 (Harmony)	49
Figura 6-25 Resultados sección 2 (Harmony)	50
Figura 6-26 Resultados sección 2 (Harmony)	50
Figura 6-27 Resultados sección 2 (Harmony)	51
Figura 6-28 Resultados sección 2 (Harmony)	51
Figura 6-29 Luminaria Micenas	53
Figura 6-30 Resultados sección 3 (Micenas)	53
Figura 6-31 Resultados sección 3 (Micenas)	54
Figura 6-32 Resultados sección 3 (Micenas)	54

Figura 6-33 Luminaria Farol Villa	55
Figura 6-34 Resultados sección 3 (Farol Villa)	56
Figura 6-35 Resultados sección 3 (Farol Villa)	56
Figura 6-36 Resultados sección 3 (Farol Villa)	57
Figura 6-37 Resultados sección 3 (Farol Villa)	58
Figura 6-38 Palomilla Villa [4]	59
Figura 6-39 Resultados sección 4 (Farol Villa)	59
Figura 6-40 Resultados sección 4 (Farol Villa)	60
Figura 6-41 Resultados sección 4 (Farol Villa)	61
Figura 6-42 Resultados sección 4 (Farol Villa)	61
Figura 7-1 Plaza de España	64
Figura 7-2 Distribución de luminarias	65
Figura 7-3 Isolíneas	65
Figura 7-4 Luminaria ColorReach	67
Figura 7-5 Posición de los proyectores	67
Figura 7-6 Isolíneas fachada	68
Figura 7-7 Modelo 3D simplificado de la fachada	69
Figura 7-8 Plaza Marqués de Villavelviestre	70
Figura 7-9 Distribución de luminarias.	71
Figura 7-10 Isolíneas.	71
Figura 8-1 Planta de instalaciones deportivas	73
Figura 8-2 Luminaria Clearflood Large	76
Figura 8-3 Posición de luminarias	77
Figura 8-4 Isolíneas Campo de Fútbol	78
Figura 8-5 Escala de grises campo de fútbol	78
Figura 8-6 Posición observadores	79
Figura 8-7 Posición de luminarias campo de baloncesto	80
Figura 8-8 Isolíneas campo de baloncesto	80
Figura 8-9 Escala de grises campo de baloncesto	81
Figura 8-10 Posición observadores	81
Figura 8-11 Resultado final	82
Figura 8-12 Resultado final	82
Figura 8-13 Resultado final	83
Figura 9-1 Luminaria Philips	85
Figura 9-2 Planta del Parque Saharaui	86
Figura 9-3 Imagen 3D Parque Saharaui	87
Figura 9-4 Superficies de cálculo Parque Saharaui	87
Figura 9-5 Posición de luminarias	88
Figura 9-6 Isolíneas superficie 1	89

Figura 9-7 Isolíneas superficie 2	89
Figura 9-8 Isolíneas superficie 3	89
Figura 9-9 Resultado 3D	89
Figura 9-10 Resultado 3D	90
Figura 9-11 Resultado 3D	90
Figura 9-12 Distribución proyectores [13]	91
Figura 9-13 Resultado 3D	91
Figura 9-14 Resultado 3D	92
Figura 9-15 Planta Parque Andalucía	93
Figura 9-16 Imagen 3D Parque Andalucía	93
Figura 9-17 Posición de luminarias	94
Figura 9-18 Superficies de cálculo	94
Figura 9-19 Niveles de iluminación obtenidos	95
Figura 9-20 Isolíneas superficie 1	95
Figura 9-21 Isolíneas superficie 2	96
Figura 9-22 Resultado 3D	96
Figura 9-23 Resultado 3D	97
Figura 9-24 Resultado 3D	97
Figura 9-25 Resultado 3D	98
Figura 9-26 Resultado 3D	98

1 OBJETIVO

El siguiente estudio tiene como objetivo analizar los parámetros de las principales variables que intervienen en el alumbrado de los viarios en la localidad de Huévar del Aljarafe y proponer los más adecuados. También se analizarán y propondrán diseños eficientes para el alumbrado de algunos parques, plazas y centros deportivos. Se buscará ofrecer una iluminación de calidad cuyos principales puntos a conseguir son:

- Funcionalidad y seguridad para los usuarios: peatones y conductores, ofreciendo buena visibilidad en las horas carentes de luz natural.
- Ambiente agradable, respetuoso con el entorno y la estética de la localidad.
- Mínima contaminación lumínica.
- Ahorro energético
- Óptima relación calidad-precio

2 LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El estudio se realizará sobre la localidad de Huévar del Aljarafe, Sevilla, situado a 26 kilómetros al oeste de la capital de provincia, conectada por la autopista A-49. Está dentro de la comarca del Aljarafe como su propio nombre indica.

Sus coordenadas geográficas son 37° 21' N, 6° 16' O. Se encuentra situada a una altitud de 75 metros y el municipio tiene una extensión de 58 km².

Las localidades que lo rodean son: Sanlúcar la Mayor al norte, Benacazón al este, Pilas al sur, Carrión de los Céspedes, Chucena (Huelva) y Castilleja del Campo al oeste. [4]



Figura 2-1 Sevilla. [5]



Figura 2-2 Huévar del Aljarafe. [10]

3 ANTECEDENTES

Actualmente, la localidad de Huévar del Aljarafe posee una red de alumbrado algo obsoleta, con tecnología antigua y mala eficiencia energética, lo que implica un gran consumo energético y elevado coste.

El diseño es antiguo y no está adaptado a los requisitos y parámetros exigidos hoy en día por la normativa vigente.

No se previó el crecimiento de la localidad y existen zonas escasamente iluminadas.

Con este estudio, se busca analizar las mejores alternativas de los parámetros del alumbrado, para, posteriormente, facilitar el proyecto que llevará a cabo la instalación de una nueva red o de la renovación de la ya existente.

4 ESTADO DEL ARTE

A continuación, se explicarán algunos conceptos y se expondrán algunas definiciones sobre iluminación que facilitarán el entendimiento del estudio. También se describirán los componentes principales del alumbrado.

El alumbrado de exteriores en los espacios públicos tiene hoy día una gran importancia, no ya sólo por la enorme cantidad de desplazamientos, como también por las numerosas actividades que se realizan a altas horas, ya sea por ocio o por trabajo.

Existen varios tipos de alumbrados de exterior: vial (funcional y ambiental), específico, ornamental, deportivo, señales y anuncios luminosos, festivo y navideño.

En este estudio nos centraremos en:

-Alumbrado vial, que incluye viarios peatonales y viarios con calzada y acera.

-Alumbrado deportivo, que engloba todas aquellas instalaciones deportivas que se quieran utilizar cuando no haya luz solar.

-Alumbrado ornamental, que es el propio de los monumentos, murallas, fachadas de edificios, parques...

4.1 Conceptos previos sobre iluminación

La mayoría de las definiciones se extraen del reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior [1] y las diapositivas de la asignatura de Servicios Urbanos [2]:

- Flujo luminoso: potencia emitida por una fuente luminosa en forma de radiación visible y evaluada según su capacidad de producir sensación luminosa, teniendo en cuenta la variación de la sensibilidad del ojo con la longitud de onda. Su símbolo es Φ y su unidad es el lumen (lm).
- Intensidad luminosa: Es el flujo luminoso por unidad de ángulo sólido. Esta magnitud tiene característica direccional, su símbolo representativo es I y su unidad es la candela, $cd = lm/sr$ (lumen/estereorradián).
- La iluminancia o nivel de iluminación se define como el flujo luminoso que incide sobre una superficie. Su unidad de medida es el Lux. Se puede hablar de iluminancia horizontal o iluminancia vertical.
- Luminancia: se puede definir como la densidad superficial de intensidad luminosa en una dirección dada.
- Deslumbramiento perturbador: Deslumbramiento que perturba la visión de los objetos sin causar necesariamente una sensación desagradable. La medición de la pérdida de visibilidad producida por el deslumbramiento perturbador, ocasionado por las luminarias de la instalación de alumbrado público, se efectúa mediante el incremento de umbral de contraste. Su símbolo TI, carece de unidades y su

expresión, en función de la luminancia de velo (L_v) y la luminancia media de la calzada (L_m) (entre 0,05 y 5 cd/m²), es la siguiente:

$$TI = 65 \frac{L_v}{(L_m)^{0,8}} \text{ (en \%)}$$

Caso de niveles de luminancia media en la calzada superiores a 5 cd/m²:

$$TI = 95 \frac{L_v}{(L_m)^{1,05}} \text{ (en \%)}$$

- El deslumbramiento molesto lo producen las fuentes situadas en el campo de visión, pero solo crean una sensación desagradable. En las instalaciones de alumbrado ambiental está clasificado por el índice de deslumbramiento D, calculado como:

$$D = I \cdot A^{-0,5} \left[\frac{cd}{m^2} \right]$$

I es el valor máximo de la intensidad luminosa en cualquier dirección que forme un ángulo de 85° con la vertical.

A es el área aparente de las partes luminosas de la luminaria en un plano perpendicular a la dirección de la intensidad (I).

Tabla 4-1 Índice de deslumbramiento máximo

Clase	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Índice de deslumbramiento máximo	-	7.000	5.500	4.000	2.000	1.000	500

- La eficiencia energética (ϵ) de una instalación de alumbrado exterior se define como la relación entre el producto de la superficie iluminada (S) por la iluminancia media (E_m) en servicio de la instalación entre la potencia activa total instalada (P).

$$\epsilon = S \cdot E_m / P \text{ (m}^2 \cdot \text{lux/W)}$$

- Potencia de una lámpara: cantidad de energía que consume en vatios (W).
- Vida útil de una lámpara: número de horas durante las cuales las lámparas, funcionando a su tensión normal, conservan, por término medio, un flujo luminoso igual o superior a un porcentaje determinado del flujo luminoso inicial. (65-75 %)
- Rendimiento de una Luminaria: Es la relación entre el flujo luminoso total procedente de la luminaria y el flujo luminoso emitido por la lámpara o lámparas instaladas en la luminaria. Su símbolo es η y carece de unidades.
- La temperatura de color de una fuente de luz se define comparando su color dentro del espectro luminoso con el de la luz que emitiría un cuerpo negro calentado a una temperatura determinada. Se diferencia entre luz cálida y luz fría. Su unidad es el kelvin, aunque no expresa realmente una medida de la temperatura.[5]
- Índice de reproducción cromática: índice que se le da a una fuente de luz para medir lo real que esta refleja los colores. Va de 0 a 100 siendo este último el propio del sol. [5]

4.2. Componentes principales del alumbrado

- Lámparas: fuente que emite energía luminosa artificial, construida con objeto de producir luz o radiación óptica, generalmente visible. Según la producción de luz podemos distinguir entre las siguientes lámparas:
 - Lámpara eléctrica incandescente.
 - Lámpara de descarga
 - Lámpara de luz mezcla
 - Lámpara fluorescente
 - Lámparas LED
- Luminaria: aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, fijación y protección de la lámpara y/o los medios para la conexión con la alimentación.
- Soportes: es el sistema mediante el cual se sostienen y se colocan las luminarias. Consiste en un elemento rígido el cual sostiene a la luminaria.
- Báculos o columna: estructura vertical de altura y forma variable anclada al suelo que constituye el soporte para las luminarias. La luminaria puede ir directamente unida al báculo o unida al brazo que sirve como prolongación horizontal
- Brazo: elemento rígido horizontal que va unido por un extremo a la columna o a una pared y por el otro soporta la luminaria.

4.3. Tecnología LED

El primer paso en el diseño de la red es la elección de la tecnología de iluminación que se va a usar. Para esta red se ha optado por la tecnología LED por ser la que actualmente ofrece mejores ventajas respecto a otras. La sigla LED proviene del inglés, light emitting diode, que traducido al castellano es diodo emisor de luz.

Funcionamiento del Led según [8]:

Las lámparas LED basan su funcionamiento en el Principio Fotoeléctrico enunciado por Albert Einstein. Según este principio, algunos materiales al ser sometidos al paso de la corriente eléctrica generan luz. Los electrones pasan por los diodos y se convierten en luz.

Este proceso se llama electroluminiscencia y se distingue de la “incandescencia” en que no depende de la generación de calor como consecuencia del paso de la electricidad a través de un conductor (filamento). Como consecuencia, la eficiencia del LED es mucho mayor, ya que destina la energía directamente a generar luz.

Para que este fenómeno se cumpla es necesario que un LED sea polarizado de manera directa. Es decir, se le debe hacer circular una corriente de “ánodo” (terminal positivo) a “cátodo” (terminal negativo). Cuando esto sucede el LED reacciona produciendo un “fotón”. El fotón se origina al desprenderse los electrones de las capas de conducción a las capas de valencia.

De esta manera la electricidad interactúa con el diodo en una lámpara LED. En el proceso, el material semiconductor almacena energía y esa energía es expulsada a través del chip-reflector de la lámpara LED produciendo así la luz.

Algunas de las ventajas que ofrece el LED son [7]:

- Gran ahorro energético, aproximadamente del 80-85% respecto a otras tecnologías, que traducido a la factura supone un gran ahorro económico.
- Su vida útil es muy larga, lo que reduce considerablemente el mantenimiento, así como la reposición, implicando un menor coste a largo plazo.
- Es una luz más ecológica ya que no usa componentes químicos como el mercurio o el tungsteno.
- Ofrecen un alto valor del CRI (índice de reproducción cromática), que indica lo reales que son los colores que refleja una bombilla. Pueden llegar a ofrecer índices de hasta 80 siendo 100 el nivel más alto y el propio del sol.
- Ofrecen un encendido rápido nada más accionar el interruptor y con la máxima potencia de luz desde el primer instante.
- Mayor resistencia: resisten fácilmente los cambios térmicos, la humedad, las vibraciones, los golpes accidentales e incluso las oscilaciones en el flujo de electricidad. Esto quiere decir que las luces no se quemarán con facilidad y que no habrá filamentos rotos al más mínimo golpe.

4.4. Ámbito normativo

- Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior:
 - Instrucción técnica complementaria EA – 01. Para la eficiencia energética.
 - Instrucción técnica complementaria EA – 02. Para los niveles de iluminación de viarios. Los niveles de esta instrucción están basados en la norma UNE-EN 13201 “Iluminación de carreteras”.
 - La ITC EA – 02 también se utiliza para parques y jardines, que se incluye en su apartado 3 “alumbrados específicos”, y para alumbrado ornamental, en su punto 4.
- Norma UNE-EN 12193 “Alumbrado instalaciones deportivas”
- Norma UNE-EN 60598-1 “Requisitos de las luminarias”

5 METODOLOGÍA

El estudio se basa en el análisis del alumbrado de las distintas zonas que componen la localidad de Huévar y las cuales, requieren una atención y el cumplimiento de una normativa diferente. Entre los tipos de alumbrado que se analizarán están los siguientes:

- Alumbrado de viarios
- Alumbrado deportivo
- Alumbrado de parques
- Alumbrado de plazas
- Alumbrado de edificios

Para todas estas zonas usaremos la tecnología LED, anteriormente descrita, por ser la más moderna y la que menos consumo requiere, ofreciendo así una buena eficiencia energética.

Para el caso del alumbrado vial, se hará un análisis más exhaustivo, ya que es donde más luminarias se emplean y donde se puede conseguir un mayor ahorro. Se compararán distintos valores de todos los parámetros que intervienen, para buscar y ofrecer un alumbrado que cumpla todos los requisitos de la normativa, ofreciendo a la vez una buena eficiencia y un coste no elevado.

Para los alumbrados de parques, plazas y monumentos/edificios, se propondrá una solución eficiente, que sea agradable y encaje con el entorno.

Para el alumbrado deportivo, se propondrá otra solución buscando que sea práctica para el uso de las instalaciones.

Para la obtención de los niveles de iluminación en todos los lugares de estudio se utilizará DIALux. Se trata de un software gratuito de la compañía DIAL que permite crear proyectos de iluminación profesionales. El software DIALux posibilita un análisis cuantitativo sencillo de un proyecto, y además cuenta con una funcionalidad sencilla de renderización 3D, lo cual es muy útil para cálculos de iluminación interior, exterior y vial. También, permite utilizar casi cualquier luminaria de la mayoría de los fabricantes existentes a nivel mundial. [11]

En este estudio todas las luminarias que se utilizarán son de la empresa Philips, por ser una de las compañías líder en el sector de la iluminación, demostrar una buena calidad durante numerosos años y ofrecer una amplitud de productos para todo tipo de alumbrado. Las características e imágenes de todas las luminarias que se empleen se obtendrán del catálogo de iluminación exterior de Philips [4].

6 ALUMBRADO VIAL

El principal objetivo de este apartado será la búsqueda de los parámetros que compongan un alumbrado vial lo más equilibrado posible para cada sección, en lo que se refiere a calidad de iluminación, eficiencia energética y sin perder de vista el aspecto económico.

En primer lugar, atendiendo al Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior [1], se hará una clasificación de los viarios para obtener la clase de alumbrado que requieren.

Posteriormente, se escogerán luminarias que ofrezcan buenos flujos luminosos y consuman la mínima potencia necesaria para alcanzar los límites de iluminación exigidos. No hay necesidad de sobrepasarlos, ya que esto elevaría los costes y la norma recomienda que no se superen más de un 20%.

También, se escogerán aquellos parámetros que, cumpliendo los anteriores requisitos, supongan una menor cantidad de material. Se tratará de reducir la altura para evitar utilizar grandes y costosos báculos siempre que se mantengan bajos niveles de deslumbramiento. Las alturas se compararán con pasos de un metro, porque la mayoría de los fabricantes de báculos así lo ofrecen.

Se buscará una distancia sensata entre luminarias, ya que pequeñas distancias derivarían en mayor número de luminarias elevando bastante los costes. En este caso, al no depender de fabricantes, el paso entre las distancias se comprobará con algo más de precisión, cada medio metro.

Para comprobar que los parámetros seleccionados cumplen los requisitos de iluminación y determinar cuáles ofrecen los mejores resultados, se utilizará el software DIALux.

Para asegurar que siguen una buena eficiencia energética, se realizarán los cálculos siguiendo la Instrucción Técnica Complementaria EA – 01 (Eficiencia Energética).

6.1. Clasificación de los viarios y clase de alumbrado

A continuación, atenderemos al reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior [1] para la elección del alumbrado. En concreto con la Instrucción Técnica Complementaria EA – 02 se clasificarán los viarios de la localidad según la velocidad del tráfico rodado, el tipo de vía, su sección y complejidad y su flujo.

Esta instrucción está algo obsoleta, ya que utiliza la norma de iluminación 13201:2004, y actualmente la norma que está en vigor es la 13201:2015. A pesar de ello, se seguirá esta instrucción al ser una muy buena guía para la elección de las clases de alumbrado y, posteriormente, se buscará la clase equivalente en la nueva norma, en la que se especifican los cambios respecto a la anterior normativa.

En función de la clase de alumbrado que se obtenga, se propondrán una serie de luminarias que cumplan con los niveles de iluminancia requeridos para cada vial y serán analizadas y comparadas para determinar aquellas que mejor se ajustan a las condiciones.

El primer criterio a tener en cuenta para la clasificación de las vías es la velocidad de circulación. En este caso por ser la gran mayoría calles urbanas de poca velocidad, se establecerá, según la siguiente tabla, una categoría D. Sin embargo, a las calles de entrada y salida de la localidad, que tienen una velocidad moderada, se le asignará una clase B. Para aquellas calles peatonales, se establecerá una categoría E.

Tabla 6-1 Clasificación de las vías (ITC EA – 02) [1]

Clasificación	Tipo de vía	Velocidad del tráfico rodado (km/h)
A	de alta velocidad	$v > 60$
B	de moderada velocidad	$30 < v \leq 60$
C	carriles bici	--
D	de baja velocidad	$5 < v \leq 30$
E	vías peatonales	$v \leq 5$

El segundo paso de clasificación en subgrupos se hace en función de otros criterios como el tipo de vía y la intensidad media de tráfico diario (IMD):

Tabla 6-2 Clases de alumbrado para vías tipo B (ITC EA-02) [1]

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado ^(*)
B1	<ul style="list-style-type: none">• <i>Vías urbanas secundarias de conexión a urbanas de tráfico importante.</i>• <i>Vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales y fincas.</i>	ME2 / ME3c ME4b / ME5 / ME6
	Intensidad de tráfico	
	IMD ≥ 7.000 IMD < 7.000	
B2	<ul style="list-style-type: none">• <i>Carreteras locales en áreas rurales.</i>	ME2 / ME3b ME4b / ME5
	Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera.	
	IMD ≥ 7.000 IMD < 7.000	

^(*) Para todas las situaciones de proyecto B1 y B2, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

Los viales principales junto con aquellos que están en zonas suburbanas estarán en una situación de proyecto B1, por ser vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales. Al no tener mucho tráfico, se le asignará la clase de alumbrado ME4b. En la siguiente tabla se muestran los requisitos para el mismo:

Tabla 6-3 Tipos de transmisión y frecuencia central

Clase de Alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas			Deslumbramiento Perturbador	Iluminación de alrededores
	Luminancia ⁽⁴⁾ Media L_m (cd/m ²) ⁽¹⁾	Uniformidad Global U_o [mínima]	Uniformidad Longitudinal U_l [mínima]	Incremento Umbral TI (%) ⁽²⁾ [máximo]	Relación Entorno SR ⁽³⁾ [mínima]
ME1	2,00	0,40	0,70	10	0,50
ME2	1,50	0,40	0,70	10	0,50
ME3a	1,00	0,40	0,70	15	0,50
ME3b	1,00	0,40	0,60	15	0,50
ME3c	1,00	0,40	0,50	15	0,50
ME4a	0,75	0,40	0,60	15	0,50
ME4b	0,75	0,40	0,50	15	0,50
ME5	0,50	0,35	0,40	15	0,50
ME6	0,30	0,35	0,40	15	Sin requisitos

⁽¹⁾ Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado, a excepción de (TI), que son valores máximos iniciales. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (f_m) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

⁽²⁾ Cuando se utilicen fuentes de luz de baja luminancia (lámparas fluorescentes y de vapor de sodio a baja presión), puede permitirse un aumento de 5% del incremento umbral (TI).

⁽³⁾ La relación entorno SR debe aplicarse en aquellas vías de tráfico rodado donde no existan otras áreas contiguas a la calzada que tengan sus propios requisitos. La anchura de las bandas adyacentes para la relación entorno SR será igual como mínimo a la de un carril de tráfico, recomendándose a ser posible 5 m de anchura.

⁽⁴⁾ Los valores de luminancia dados pueden convertirse en valores de iluminación, multiplicando los primeros por el coeficiente R (según C.I.E.) del pavimento utilizado, tomando un valor de 15 cuando éste no se conozca.

Tabla 6-4 Clases de alumbrado para vías tipo C y D (ITC EA-02) [1]

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado ^(*)
C1	• Carriles bici independientes a lo largo de la calzada, entre ciudades en área abierta y de unión en zonas urbanas	
	Flujo de tráfico de ciclistas	
	Alto..... Normal	S1 / S2 S3 / S4
D1 - D2	• Áreas de aparcamiento en autopistas y autovías.	
	• Aparcamientos en general.	
	• Estaciones de autobuses.	
D3 - D4	Flujo de tráfico de peatones	
	Alto..... Normal	CE1A / CE2 CE3 / CE4
	• Calles residenciales suburbanas con aceras para peatones a lo largo de la calzada	
D3 - D4	• Zonas de velocidad muy limitada	
	Flujo de tráfico de peatones y ciclistas	
	Alto..... Normal	CE2 / S1 / S2 S3 / S4

^(*) Para todas las situaciones de alumbrado C1-D1-D2-D3 y D4, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

Para el resto de viarios, que serán aquellos más céntricos, estaremos en la situación de proyecto D3-D4, es decir, calles con velocidad reducida y donde se les dará más importancia a los peatones. Considerando en algunos viarios un flujo alto y en otros un flujo normal de tráfico de peatones y ciclistas será necesaria una clase de alumbrado S1/S2 (alto) y S3 (normal).

Para el caso de las calles peatonales se utilizará la clase de alumbrado de la siguiente tabla, considerando una situación de proyecto E1 y un flujo normal, le corresponderá la clase S2/S3.

Tabla 6-5 Clases de alumbrado para vías topo E (ITC EA-02) [1]

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado ^(*)
E1	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Espacios peatonales de conexión, calles peatonales, y aceras a lo largo de la calzada.</i> • <i>Paradas de autobús con zonas de espera</i> • <i>Áreas comerciales peatonales.</i> 	
	Flujo de tráfico de peatones	
	Alto.....	CE1A / CE2 / S1
	Normal	S2 / S3 / S4
E2	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones.</i> 	
	Flujo de tráfico de peatones	
	Alto.....	CE1A / CE2 / S1
	Normal	S2 / S3 / S4
^(*) Para todas las situaciones de alumbrado E1 y E2, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.		

A continuación, en la siguiente tabla veremos, según la clase de alumbrado asignada, los requisitos fotométricos aplicables a las vías.

Tabla 6-6 Series S de clase de alumbrado para viales tipo D y E (ITC EA-02) [1]

Clase de Alumbrado ⁽¹⁾	Iluminancia horizontal en el área de la calzada	
	Iluminancia Media E_m (lux) ⁽¹⁾	Iluminancia mínima E_{min} (lux) ⁽¹⁾
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1
⁽¹⁾ Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (f_m) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.		

Para utilizar la nueva norma, debemos buscar las clases equivalente. Para los viarios de la localidad han sido seleccionadas: las clases ME4b para las vías principales y de áreas suburbanas y S1, S2, S3 para las demás. Si nos remitimos a las tablas de la nueva norma de 2015:

Tabla 6-7 Nueva norma iluminación de carreteras [14]

Clase	Luminancia de la calzada en condiciones secas			Deslumbramiento perturbador TI	Relación de entorno
	L_{av} [cd/P2]	U_o (U_{ow})	U_l	f_{TI} [%]	EIR
M1	2,00	0.40 (0,15)	0.70	10	0,35
M2	1.50	0.40 (0,15)	0.70	10	0,35
M3	1,00	0.40 (0,15)	0.60	15	0,30
M4	0.75	0.40 (0,15)	0.60	15	0,30
M5	0.50	0.35 (0,15)	0.40	15	0,30
M6	0.30	0.35 (0,15)	0.40	20	0,30

Comparando los valores de ambas tablas, a la clase ME4b de la antigua norma, le corresponderá la clase M4.

Tabla 6-8 Nueva norma iluminación carreteras [14]

Clase	Iluminancia horizontal		Requisitos suplementarios	
	Iluminancia horizontal	Iluminancia horizontal mínima	Iluminancia vertical mínima	Iluminancia semicilíndrica mínima
	$E_{h,av}$ [lx]	E_{min} [lx]	$E_{v,min}$ [lx]	$E_{sc,min}$ [lx]
P1	15,0	3,00	5,0	5,0
P2	10,0	2,00	3,0	2,0
P3	7,50	1,50	2,5	1,5
P4	5,00	1,00	1,5	1,0
P5	3,00	0,60	1,0	0,6
P6	2,00	0,40	0,6	0,2

Haciendo lo mismo para la clase S, aproximadamente, a la clase S1 le corresponderá la P1, para la S2 la P2 y para la S3 la P3.

Estas tablas la usaremos más adelante para asegurarnos de que las luminarias seleccionadas con la disposición establecida y los parámetros asignados cumplen dichos requisitos, y, por tanto, son adecuadas para este estudio.

6.2. Eficiencia energética en viarios

Para la obtención de la eficiencia energética también atenderemos al reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior [1], en este caso la Instrucción Técnica Complementaria EA – 01. Este reglamento establece unos requisitos mínimos dependiendo de si se trata de alumbrado funcional o alumbrado ambiental. Para aquellos incluidos en la categoría B los requisitos exigidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6-9 Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial funcional
(ITC EA- 01) [1]

Iluminancia media en servicio $E_m(\text{lux})$	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$
≥ 30	22
25	20
20	17,5
15	15
10	12
$\leq 7,5$	9,5
Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal	

El resto de los viarios de velocidad limitada están dentro de las situaciones de proyecto D y E, por lo que deberán cumplir los requisitos para alumbrado ambiental que se fijan en la siguiente tabla:

Tabla 6-10 Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial ambiental
(ITC-01) [1]

Iluminancia media en servicio $E_m(\text{lux})$	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$
≥ 20	9
15	7,5
10	6
7,5	5
≤ 5	3,5
Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal	

La calificación energética de las instalaciones de alumbrado exterior se realiza según su índice de eficiencia energética (I_e). Dicho índice se define como el cociente entre la eficiencia energética de la instalación (ϵ) y el valor de eficiencia energética de referencia (ϵ_R) en función del nivel de iluminancia media en servicio proyectada, que se indica en la tabla de abajo:

$$I_e = \epsilon / \epsilon_R$$

Tabla 6-11 Valores de eficiencia energética de referencia (ITC EA-01) [1]

Alumbrado vial funcional		Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado	
Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ϵ_R $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$	Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ϵ_R $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$
≥ 30	32	--	--
25	29	--	--
20	26	≥ 20	13
15	23	15	11
10	18	10	9
$\leq 7,5$	14	7,5	7
--	--	≤ 5	5
Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal			

Con el fin de facilitar la interpretación de la calificación energética, el reglamento define unas etiquetas de la A a la G (siendo A la instalación más eficiente con menor consumo y G la menos eficiente con mayor consumo) en función del índice de consumo energético (ICE), que es igual al inverso del índice de eficiencia energética.

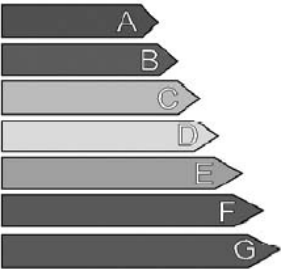
$$ICE = 1 / I_e$$

Tabla 6-12 Calificación energética de una instalación de alumbrado (ITC-EA-01) [1]

Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
A	$ICE < 0,91$	$I_e > 1,1$
B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq I_e > 0,92$
C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq I_e > 0,74$
D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq I_e > 0,56$
E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq I_e > 0,38$
F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq I_e > 0,20$
G	$ICE \geq 5,00$	$I_e \leq 0,20$

Entre la información que se ofrece figurará la eficiencia energética (ϵ), su calificación mediante el índice de eficiencia energética (I_e), medido, y la etiqueta que mide el consumo energético de la instalación, de acuerdo con el modelo que se indica a continuación:

Tabla 6-13 Etiquetas de consumo energético de la instalación (ITC EA-01) [1]

Calificación Energética de las Instalaciones de Alumbrado	
<p>Más eficiente</p>  <p>Menos eficiente</p>	
<p>Instalación:</p> <p>Localidad / calle:</p> <p>Horario de funcionamiento:</p> <p>Consumo de energía anual (kWh/año):</p> <p>Emisiones de CO₂ anual (kgCO₂/año):</p> <p>Índice de eficiencia energética (I_E):</p> <p>Iluminancia media en servicio E_m (lux):</p> <p>Uniformidad (%):</p>	

Atendiendo a los datos del Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior, se evaluarán posteriormente todas las luminarias que se proponen en este estudio para establecer una comparación y elegir aquellas que sean más eficientes y tengan un menor consumo, se busca la mejor calificación energética.

6.3 Análisis de las secciones

Se ha analizado una muestra pormenorizada de las secciones más representativas de la localidad. Atendiendo a la anchura, número de carriles, aparcamiento y acera se ha determinado un total de 5 secciones y en cada una de ellas se han agrupado las calles que más se asemejan.

La sección 1 corresponde a las vías principales de la localidad, que también son las de entrada y salida. Se trata de la SE-639 que una vez entra en la localidad recibe el nombre de avenida del Rocío. Varía un poco a lo largo de su trazado, pero el esquema siguiente muestra la sección que más se repite. La calzada dispone de un amplio carril para cada sentido de la circulación y espacio suficiente para aparcar a ambos lados. Tiene también unas amplias aceras a ambos lados de la calzada.

Tabla 6-14 Agrupación de los viarios según su sección

Sección 1	Sección 2	Sección 3		Sección 4	Sección 5
Av. Del Rocío	Av. De la Alegría	C/ Virgen del Rosario	C/ Encina	C/ Fidalgo Solan	Plaza de España
Ctra. de Sevilla (SE-639)	C/ Huevar	C/ Virgen del Carmen	C/ Olivo	C/ Agustín Alvarez	Plaza de la Motilla
	C/ Las marismas	C/ Manuel Álvarez Romero	C/ Moreno Membrille	C/ Blas Infante	
	C/ García Lorca	C/ Padre García Escudero	C/ De la Cruz	C/ Martin Arias	
	C/ J. Ramón Giménez	C/ Nstra. Señora de Fatima	C/ Rogelio Barrera	C/ De la Fuente	
	C/ Bequer	C/ Azucena	C/ Soleá	C/ Pajaritos	
	C/ Pino	C/ Jazmin	C/ Martinetes	C/ Amante Laffon	
		C/ Gitanillos	C/ Saguirillas	C/ San José	
		C/ Virgen de la Asunción	C/ Tamboril	Plaza del Molin	
		Av. De Jerez	C/ La Raya	C/ Moreno Segura	
		Plaza San Sebastián	C/ Romero Reinoso	C/ Juan Carlos I	
		C/ Virgen de los Olores	C/ Romero Salas		
		C/ Virgen de la Soledad	C/ Segurillas		
		C/ Virgen de la Sangre	C/ Muñoz Fidalgo		
		C/ Pilas	C/ Andalucía		

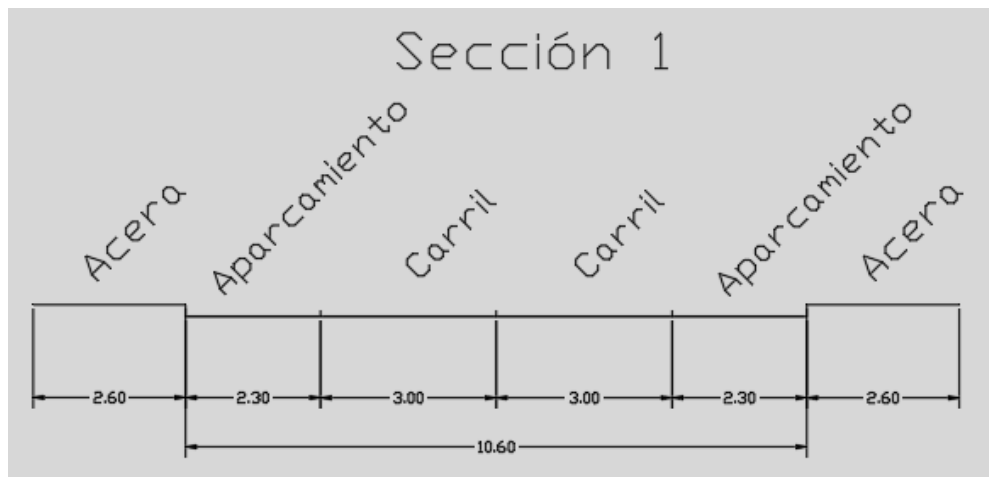


Figura 6-1 Sección 1

La sección 2 y 3 se refiere a calles residenciales. La primera corresponde a las zonas suburbanas, es decir, algo más alejadas del centro y la 3 atañe a las calles más céntricas de la localidad. Son secciones parecidas en cuanto a la anchura de la calzada, con la diferencia de que la 2 posee un carril para cada sentido de la circulación y aunque no dispone de espacio específico para aparcar, lo habitual es que haya coches aparcados a un lado de la calzada. En cambio, la sección 3, solo tiene un carril para un sentido, pero si dispone de espacio para aparcar en uno de los lados. En algunos casos, existe el doble sentido, pero desaparece el espacio reservado para aparcar. Otra diferencia entre ambas es que la sección 2 dispone de aceras con buena anchura, del orden de un metro y medio, en casi la totalidad de sus calles y la 3 posee aceras estrechas, en algunos casos incluso inferiores a un metro.

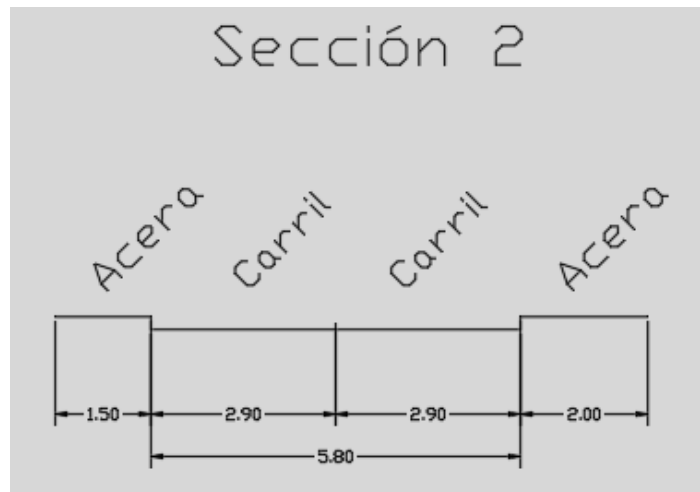


Figura 6-2 Sección 2

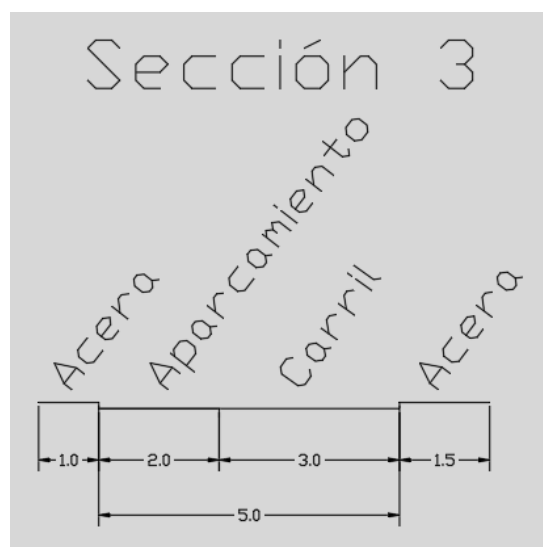


Figura 6-3 Sección 3

La sección 4 es también de calles de la zona más céntrica. En este caso es una sección muy estrecha de la calzada en la que sólo hay un carril para un sentido y no hay espacio alguno para aparcar. Además, posee pequeñas aceras a ambos lados de casi 1 metro que pueden llegar a estrecharse mucho. Son calles en las que la utilización de báculos dificultaría mucho el tráfico peatonal, por tanto, se optará por otra medida como anclajes en las fachadas de los edificios.



Figura 6-4 Sección 4

En el grupo de sección 5 se agruparán una serie de plazas que tienen secciones singulares y que serán tratadas en otro apartado por necesitar una iluminación específica.

En las anteriores figuras se muestra un esquema de cada sección tipo. Las medidas, sobre todo en las secciones 2 y 3, varían en cada calle hasta medio metro ya que son muy irregulares. Se ha escogido la medida de aquellas calles más amplias, de tal manera que, si se consigue un buen nivel de iluminación para estas medidas, se cumplirá para las que sean algo menores.

6.4. Parámetros orientativos

Antes de proceder a los cálculos con el programa informático DIALux, se establecerán unos primeros parámetros de orientación para determinar qué disposición es la conveniente en cada sección y disponer de unos datos de partida previos a las comparaciones del estudio.

En primer lugar, se calculará la distancia aproximada entre las luminarias según la siguiente fórmula:

$$d = \frac{\Phi \times Fc \times Fu}{E_{med} \times A}$$

Donde:

- **Φ** Flujo luminoso total del punto de luz, en lúmenes. Se ha usado un flujo de 3500 lm
- **Fc** Factor de conservación de la instalación, adimensional. Por ser una luminaria hermética se ha usado un factor de 0.8
- **Fu** Factor de utilización de la instalación, adimensional. Por ser una lámpara de tipo LED se ha utilizado un factor bastante elevado de 0.95
- **E_{med}** Iluminancia media, en lux. Se ha utilizado una iluminancia de 15 por ser calles urbanas con poco tráfico rodado, la que le corresponde a un nivel S1
- **A** Anchura de la calzada, en metros. Anchura de 10.6 metros

$$D1 = (3500 \times 0.8 \times 0.95) / (15 \times 10.6) \approx 17 \text{ m}$$

$$D2 = (2000 \times 0.8 \times 0.95) / (12.5 \times 5.8) \approx 20 \text{ m}$$

$$D3 = (1700 \times 0.8 \times 0.95) / (12 \times 5) \approx 21.5 \text{ m}$$

$$D4 = (1200 \times 0.8 \times 0.95) / (12 \times 3) \approx 25 \text{ m}$$

Recomendaciones para la altura del punto de luz según el tipo de calle:

- Peatonales: 3.00 – 4.00 m.
- Calle residencial: 4.50 – 6.00 m.
- Vía de distribución: 6.00 – 9.00 m.
- Vial principal: 9.00 - 12.00 m.

En la localidad de Huévar, la altura media de los edificios por lo general no supera las dos plantas, por ello, no se instalarán luminarias con grandes alturas que superen a estas, y así poder ofrecer un entorno agradable que

evite iluminaciones molestas a los vecinos. Optaríamos por un rango entre 3 y 6 metros de altura.

Por lo tanto, para las secciones de estudio se establecerán como datos de partida y orientación las siguientes alturas:

Tabla 6-15 Alturas punto de luz secciones 1,2,3,4

	Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 4
Altura (m)	5,5	4,5	4,5	3

Con las alturas (H) de las luminarias y la anchura (A) de la calzada del viario, se asigna a cada sección una disposición siguiendo el siguiente criterio:

- Unilateral: $A < H$
- Bilateral al tresbolillo: $H < A < 1.5H$
- Bilateral pareada: $A > 1.5H$

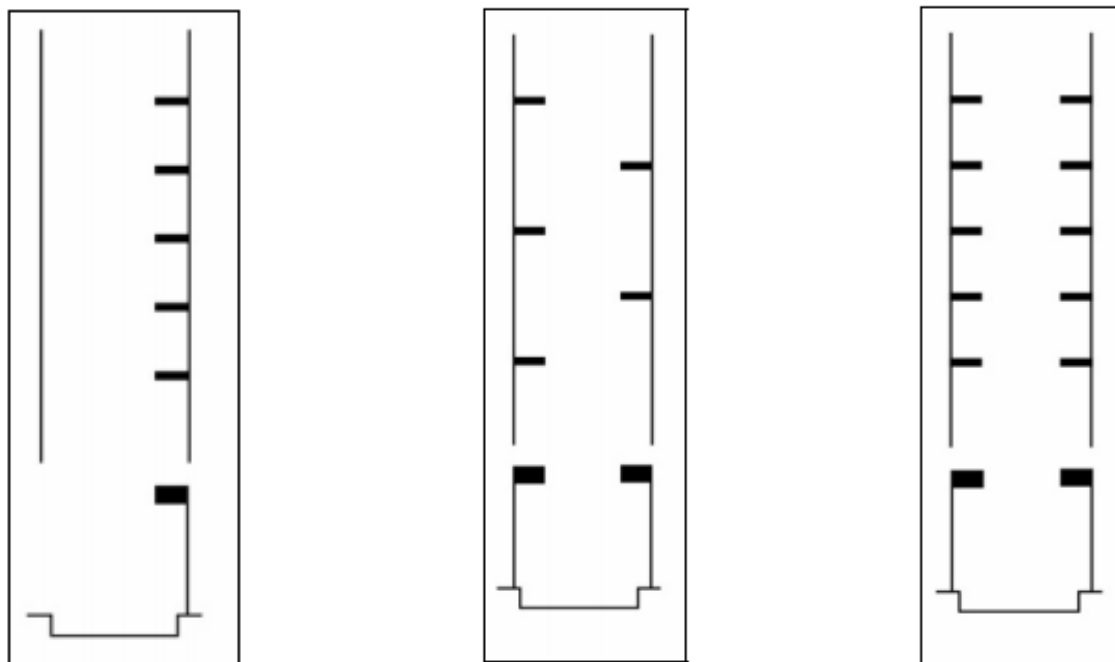


Figura 6-5 Esquema tipos de disposición (unilateral, bilateral al tresbolillo y bilateral pareada) [12]

Tabla 6-16 Disposiciones de las luminarias

	Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 4
Disposición	Bilateral pareada	Bilateral tresbolillo	Bilateral tresbolillo	Unilateral
Comprobación criterio	$10,6 > 8,25$	$4,5 < 5,8 < 6,75$	$4,5 < 5 < 6,75$	$2,8 < 3,5$

6.5. Resultados

6.5.1 Sección 1

Corresponde a las calles principales de la localidad, además de la entrada y salida. También es la que tiene la sección más amplia.

Datos

Calzada:

- Situación de proyecto B1 (vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales)
- Clase de alumbrado M4 ($IMD < 7000$)

Aceras:

- Situación de proyecto E1 (aceras a lo largo de la calzada)
- Clase de alumbrado P4

En esta sección se ha priorizado la iluminación de la calzada con un nivel M4 ya que se trata de los viarios con mayor flujo de vehículos de la localidad con una velocidad de circulación más elevada.

Se han evaluado las siguientes luminarias de la compañía Philips:

- Luma
- Iridium gen3

Las dos luminarias propuestas son de tipo vial funcional y son adecuadas para los viales principales y con mayor flujo como son las calles contenidas en esta primera sección tipo. Para las secciones restantes se analizarán otras que encajen más en las zonas residenciales y en el centro urbano.

En cuanto a la altura, se consideró como máxima una altura de 6 metros, ya que valores superiores destacarían considerablemente y no casarían con el entorno.

En función de la consideración de la altura máxima, se propondrán luminarias con niveles de flujo aceptables por debajo de los 3200 lúmenes.

Luma micro BGP615 LED 30-4S/740



Figura 6-6 Luminaria Luma

Luma micro es la versión más compacta de esta familia y se ha elegido principalmente porque es adecuada para alturas de instalación bajas. Es óptima tanto para carreteras interurbanas, como para circunvalaciones y principales vías de poblaciones, como es el caso de las calles contenidas en esta sección.

Características:

- Flujo: 2704 lm
- Potencia: 19 W
- Temperatura de color: 4000 K
- Índice de reproducción cromática: 70
- Precio: 550 EUR

Se compararon las siguientes alturas:

5 metros

Resultados para campos de evaluación
Factor de degradación: 0.67

Camino peatonal 2 (P4)

Em [lx]	Emin [lx]
≥ 5.00	≥ 1.00
≤ 7.50	
✓ 6.80	✓ 2.37

Calzada (M4)

Lm [cd/m ²]	Uo	UI	TI [%]	EIR
≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.30
✓ 0.76	✓ 0.86	✓ 0.90	✓ 10	✓ 0.81

Camino peatonal 1 (P4)

Em [lx]	Emin [lx]
≥ 5.00	≥ 1.00
≤ 7.50	
✓ 6.80	✓ 2.37

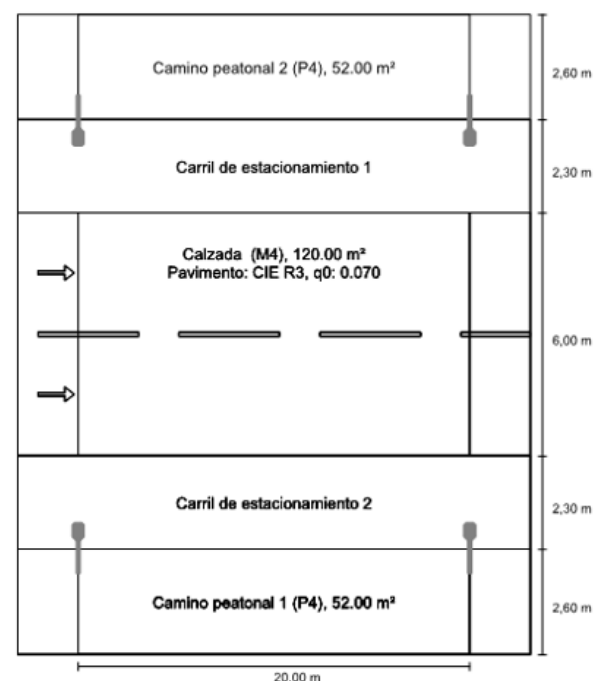


Figura 6-7 Resultados sección 1 (Luma)

Con una altura de 5 metros, logramos, como se ve en el cuadro resumen, cumplir todos los requisitos de iluminación para el tipo de calzada especificado, y se obtiene una distancia de separación de luminarias de 20 metros. En cuanto a la altura, es la opción que reduce más costes ya que utiliza báculos menores. El problema de esta opción es el alto nivel de deslumbramiento. Tiene una clase de deslumbramiento D3, es decir, nivel intermedio. Este nivel de deslumbramiento es causado por una altura baja en relación con el flujo, lo que puede resultar bastante molesto para la conducción. Por tanto, a pesar de que los otros parámetros puedan resultar una buena opción, se comprobará si con más altura se puede reducir este nivel de deslumbramiento y a la vez aumentar la distancia entre luminaria.

6 metros

Resultados para campos de evaluación
Factor de degradación: 0.67

Camino peatonal 2 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.50	Emin [lx] ≥ 1.00
✓ 6.68	✓ 3.16

Calzada (M4)

Lm [cd/m²] ≥ 0.75	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR ≥ 0.30
✓ 0.75	✓ 0.87	✓ 0.98	✓ 9	✓ 0.76

Camino peatonal 1 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.50	Emin [lx] ≥ 1.00
✓ 6.68	✓ 3.16

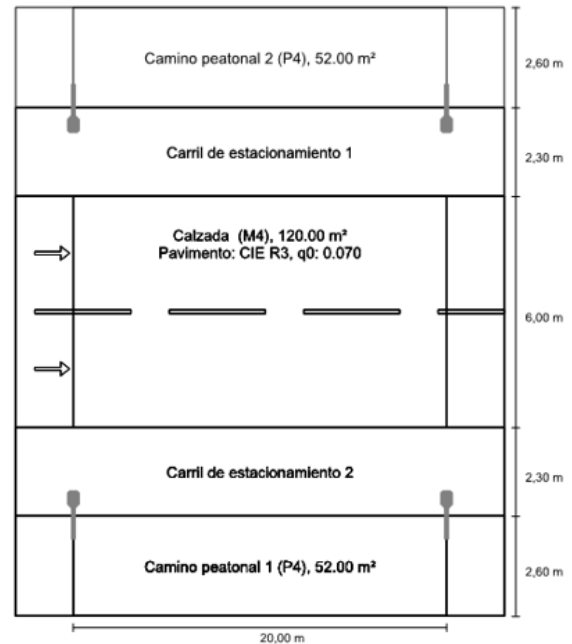


Figura 6-8 Resultados sección 1 (Luma)

Con esta nueva altura, también se cumplen todos los requisitos de iluminación para la clase de alumbrado seleccionada, aunque no haya sido posible aumentar la distancia entre mástiles. Si es cierto que el nivel de deslumbramiento ha mejorado bastante, obteniendo un nivel D6, el cual es el menos molesto.

Por esta última razón, se considerará la altura de 6 metros preferible a la anterior para la luminaria Luma en esta sección.

A pesar de que se estableció como altura máxima 6 metros, se comparó una altura de 7 metros, pero en vez de conseguir una distancia mayor entre mástiles, esta se vio reducida a 19 metros lo que implica más coste en báculos y en instalación de luminarias. Con esta última comparación, podemos asegurar que la altura de 6 metros es la más adecuada para la Luma en esta sección, maximizando la distancia entre mástiles y minimizando el deslumbramiento molesto.

A continuación, se muestra una imagen de cómo resultarían las curvas de la intensidad lumínica horizontal en la calzada, con la altura de 6 metros. Se ve una distribución de la intensidad, que como es lógico se va reduciendo a medida que la distancia respecto a las luminarias aumenta. Pasa de unos valores alrededor de 17 lx en los puntos cercanos a unos valores de 10 lx en el punto más alejado.

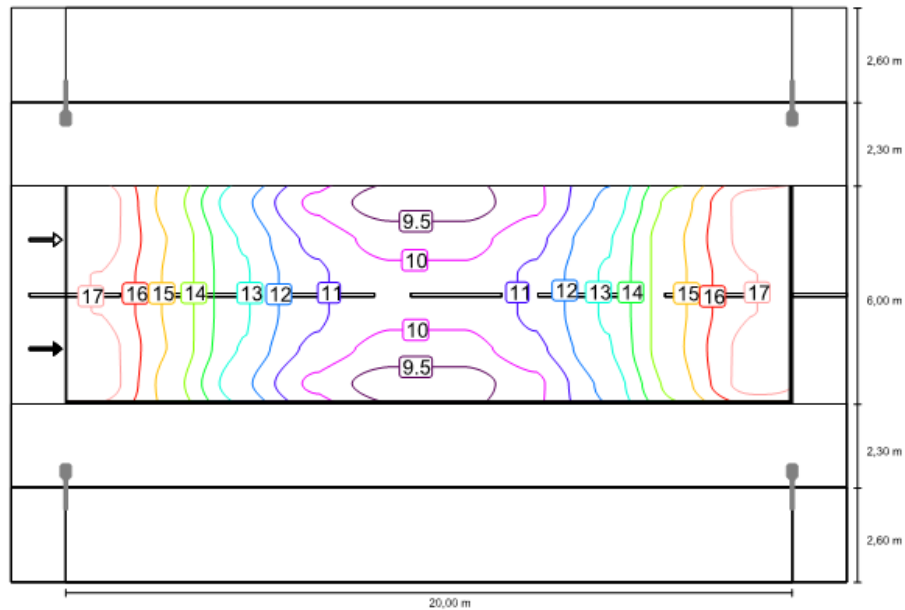


Figura 6-9 Resultados sección 1 (Luma)

Eficiencia energética

Para el cálculo de la eficiencia energética de esta luminaria se seguirá la siguiente hipótesis:

- Al estar las luminarias en disposición bilateral pareada y con una separación entre mástiles de 20 metros, se supondrá, al ser la iluminación de las luminarias simétricas, que con dos luminarias enfrentadas se abarcará una distancia de 10 metros a cada lado de las luminarias. Es decir, iluminará un área de un rectángulo de 20 metros por el ancho de la calzada. Por tanto, a la hora de calcular la eficiencia energética, la potencia total instalada será la suma de la potencia de dos luminarias (38 W), el área total será de 120 m² y, por último, la iluminancia media se tomará un valor aproximado mirando las curvas de intensidad lumínica que será de 13 lx.

$$\varepsilon = S \cdot E_m / P = 120 \cdot 13 / 38 = 41.05 \text{ (m}^2 \cdot \text{lux/W)}$$

Se verifica claramente que el valor está por encima de los requisitos mínimos que se indican en la tabla 9. Esto se debe a la baja potencia utilizada por parte de las luminarias.

Para obtener el índice de eficiencia energética necesitamos un valor de la eficiencia de referencia de la tabla 11, obteniéndose un valor ε_R de 21 luego:

$$I_E = \varepsilon / \varepsilon_R = 41.05 / 21 = 1.95$$

Por último, el índice de consumo energético se obtiene como la inversa del índice de eficiencia energética:

$$ICE = 1 / I_E = 0.51$$

Si atendemos a las tablas 12 y 13, comprobaremos que hemos obtenido la etiqueta A, es decir, la más eficiente y con menor consumo. Cabe decir, que usando luminarias del tipo LED y con la baja potencia que consumen, era de esperar un buen resultado de la eficiencia energética.

Se estudiará a continuación, y teniendo en cuenta el flujo anteriormente seleccionado, el siguiente modelo de la otra luminaria escogida para esta sección, con características muy parecidas:

Iridium BGP381 GRN30/740



Figura 6-10 Luminaria Iridium

Características:

- Flujo: 2692 lm
- Potencia: 19.2 W
- Temperatura de color: 4000 K
- Índice de reproducción cromática: 70
- Precio: 350

La única diferencia destacable en las características entre la Luma y la Iridium, es que esta última tiene un precio menor.

Como con la luminaria anterior, se comparó entre 2 alturas diferentes:

5 metros

Resultados para campos de evaluación Factor de degradación: 0.67

Camino peatonal 2 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.50	Emin [lx] ≥ 1.00
✓ 6.04	✓ 1.60

Calzada (M4)

Lm [cd/m²] ≥ 0.75	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR ≥ 0.30
✓ 0.75	✓ 0.77	✓ 0.67	✓ 4	✓ 0.59

Camino peatonal 1 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.50	Emin [lx] ≥ 1.00
✓ 6.04	✓ 1.60

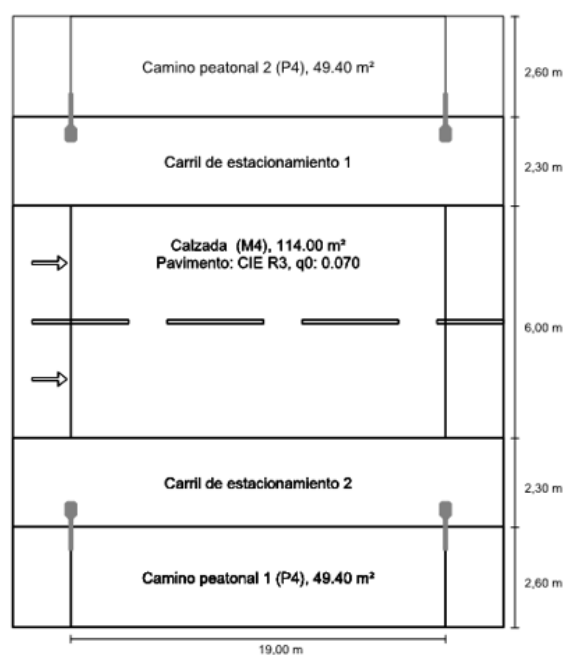


Figura 6-11 Resultados sección 1 (Iridium)

Con características muy similares a la anterior luminaria, cumple perfectamente los requisitos de iluminación como se ve en el cuadro resumen, pero la distancia entre luminarias es de un metro menor. Lo único que sí ha mejorado para los 5 metros es el nivel de deslumbramiento que en este caso ya está en un nivel D5. Esto se debe probablemente a la diferencia entre la forma de las lámparas. Analizando las siguientes alturas, veremos si se consigue mejorar los parámetros o, por el contrario, se ven empeorados.

6 metros

Resultados para campos de evaluación Factor de degradación: 0.67

Camino peatonal 2 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.50	Emin [lx] ≥ 1.00
✓ 6.78	✓ 3.39

Calzada (M4)

Lm [cd/m²] ≥ 0.75	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR ≥ 0.30
✓ 0.76	✓ 0.74	✓ 0.61	✓ 3	✓ 0.63

Camino peatonal 1 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.50	Emin [lx] ≥ 1.00
✓ 6.78	✓ 3.39

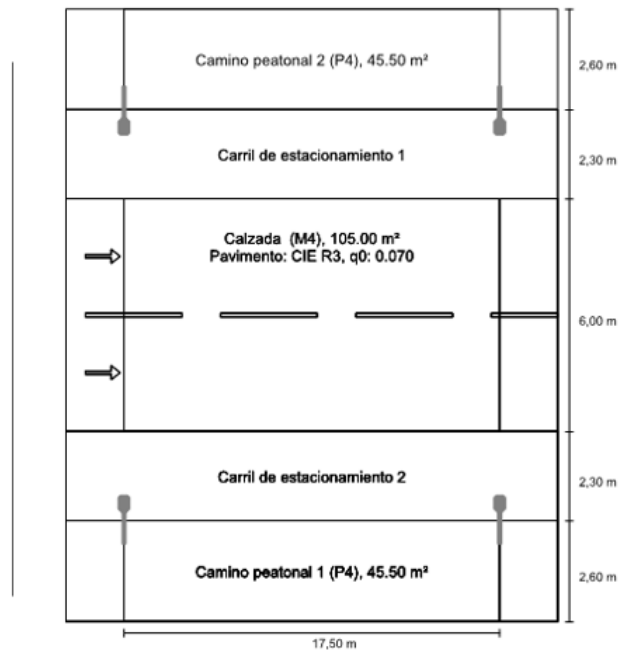


Figura 6-12 Resultados sección 1 (Iridium)

Tras analizar esta altura, para que se siguieran cumpliendo todos los requisitos de iluminación de calzada y acera, ha sido necesario disminuir la distancia entre luminarias a los 17.5 metros. Esto supone un incremento de luminarias y un mayor coste.

El nivel de deslumbramiento se mantiene en el mismo nivel anteriormente citado, (D5).

Viendo el resultado para 6 metros y habiendo establecido esta altura como adecuada en la anterior luminaria y como la máxima para esta sección, no se analizará una altura mayor.

A pesar de que se observa una clara desventaja respecto a los parámetros hasta ahora analizados, se obtendrá su eficiencia energética por si existiera una diferencia notable que, junto con la diferencia de precio, que es el punto fuerte de esta luminaria, pudiera llegar a ser más rentable que la anterior.

La curva de intensidad lumínica horizontal en este caso es más uniforme y de ella se extraerá la iluminancia media aproximadamente para el cálculo de la eficiencia.

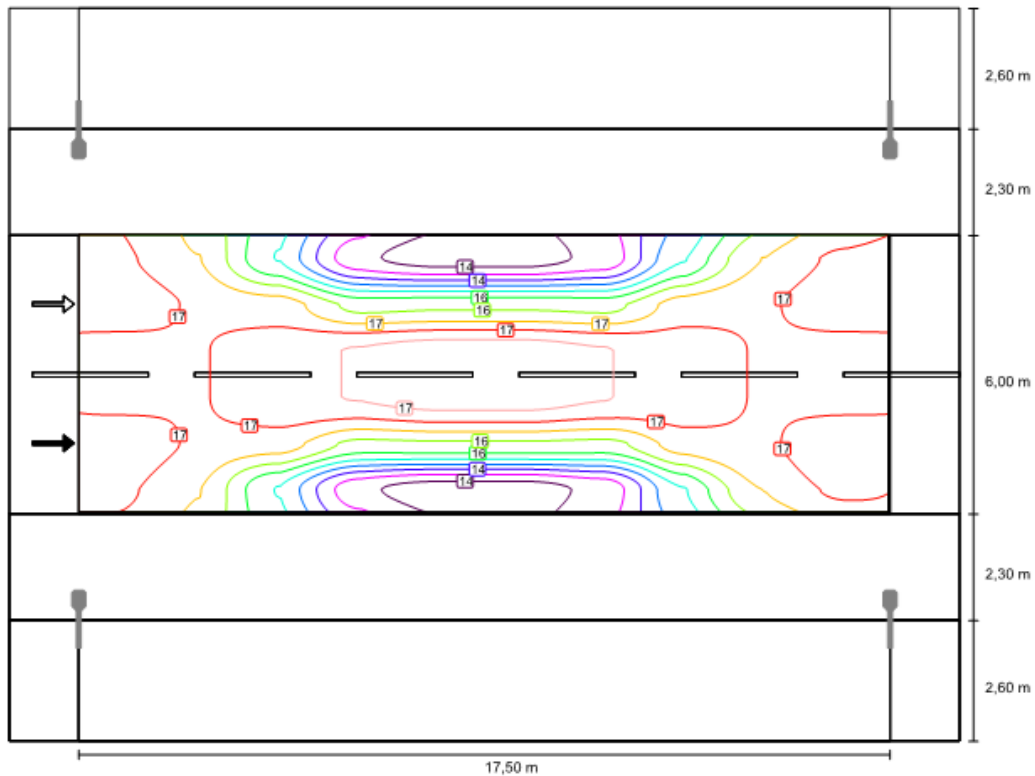


Figura 6-13 Resultados sección 1 (Iridium)

Con respecto al anterior cálculo de eficiencia, en este se realizará con la nueva separación de mástiles obtenida, 17.5 metros. Aplicando la misma hipótesis, con dos luminarias enfrentadas se abarcará un rectángulo de 17 metros por el ancho de la calzada. La potencia para el cálculo se usará la suma de dos luminarias, es decir 38.4 W. El área total iluminada será de 105 m² y, por último, la iluminancia se considerará de 15.5 lx.

$$\varepsilon = S \cdot E_m / P = 105 \cdot 15.5 / 38.4 = 41.01 \text{ (m}^2 \cdot \text{lux/W)}$$

Fijándonos en la tabla 9 vemos que el valor obtenido está por encima de los requisitos mínimos. Como en el anterior caso, está muy por encima debida a la baja potencia de las luminarias usadas.

A continuación, para obtener el índice de eficiencia energética necesitamos un valor de referencia de la eficiencia energética de la tabla 11 que se obtiene en función de la iluminancia media (15.5). En este caso el valor de referencia es de 23, por tanto:

$$I_e = \varepsilon / \varepsilon_R = 41.01 / 23.5 = 1.75$$

Finalmente obtenemos el índice de consumo energético realizando la inversa del índice de eficiencia energética:

$$ICE = 1 / I_e = 0.57$$

Las eficiencias energéticas obtenidas para ambas luminarias son prácticamente las mismas y ambas según la tabla 12 y 13 reciben la mejor etiqueta posible, la A.

Por tanto, a modo de resumen de esta comparación para la primera sección, se puede decir lo siguiente:

- Ambas luminarias ofrecen una eficiencia energética excelente, debido principalmente al bajo consumo que utilizan las luminarias de tipo LED. Por lo que centraremos la elección de la más adecuada en otros aspectos.

- En cuanto a la altura, se ha visto que una altura de 6 metros es suficiente y adecuada para cumplir todos los requisitos de iluminación. Se ha comprobado que con valores superiores disminuyen las prestaciones y al ser necesarios báculos de gran altura, se incrementa el coste.
- En lo que se refiere a la separación entre mástiles, con la luminaria Luma, se ha conseguido, para la misma altura, un incremento de 2.5 metros entre luminarias.
- En cuanto a los niveles de deslumbramiento, la Luma con 6 metros de altura llegaba a ofrecer el nivel más favorable, el D6. Mientras que la Iridium, con ambas alturas no superaba el nivel D5; a pesar de que ambos niveles son aceptables, la primera luminaria está claramente por encima.
- Por último, en lo que se refiere al precio de las luminarias, la Iridium es más económica.

Después de haber analizado todos los puntos comparados en el estudio de esta sección, y a pesar, de que los resultados han sido muy similares en casi todos ellos se eligió mejor opción la luminaria Luma con los siguientes parámetros:

- Flujo de la luminaria: 3220.
- Disposición de las luminarias: bilateral pareado.
- Altura del punto de luz: 6 metros.
- Separación entre mástiles: 20 metros.
- Nivel de deslumbramiento: D6
- Calificación energética: A

Se muestran a continuación unas imágenes de cómo resultarían los viales de esta sección con la luminaria LUMA para los parámetros obtenidos:

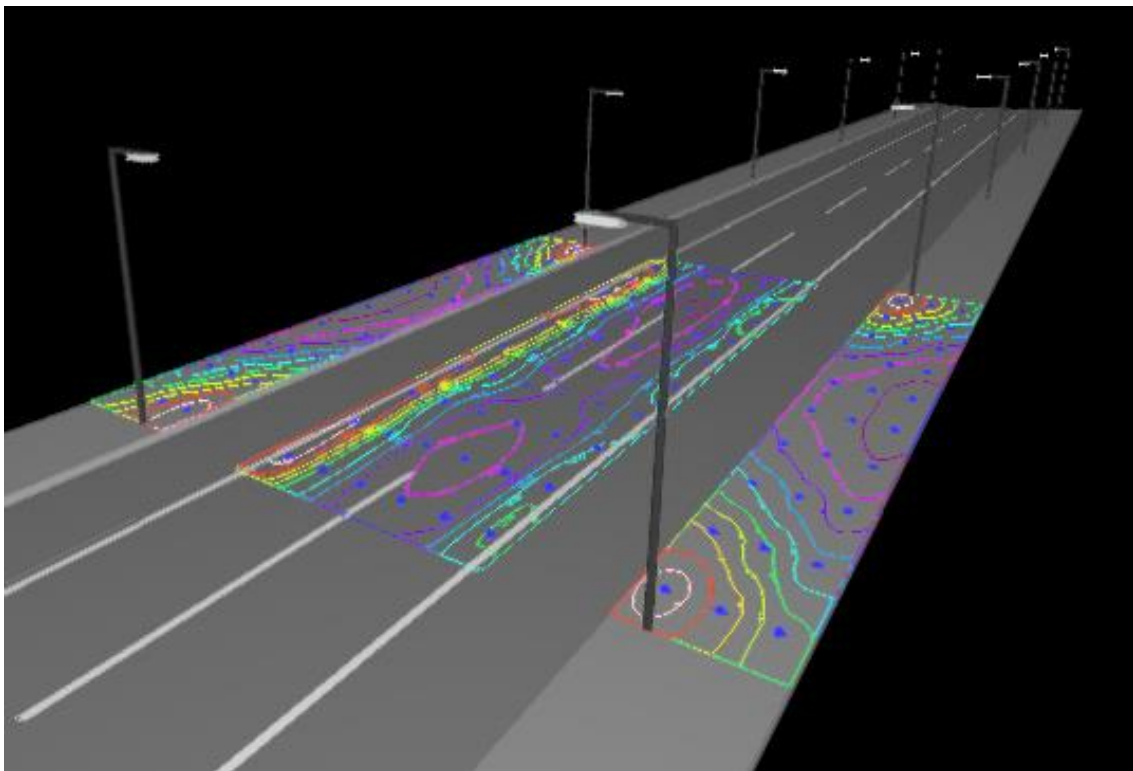


Figura 6-14 Resultados final sección 1 (Luma)

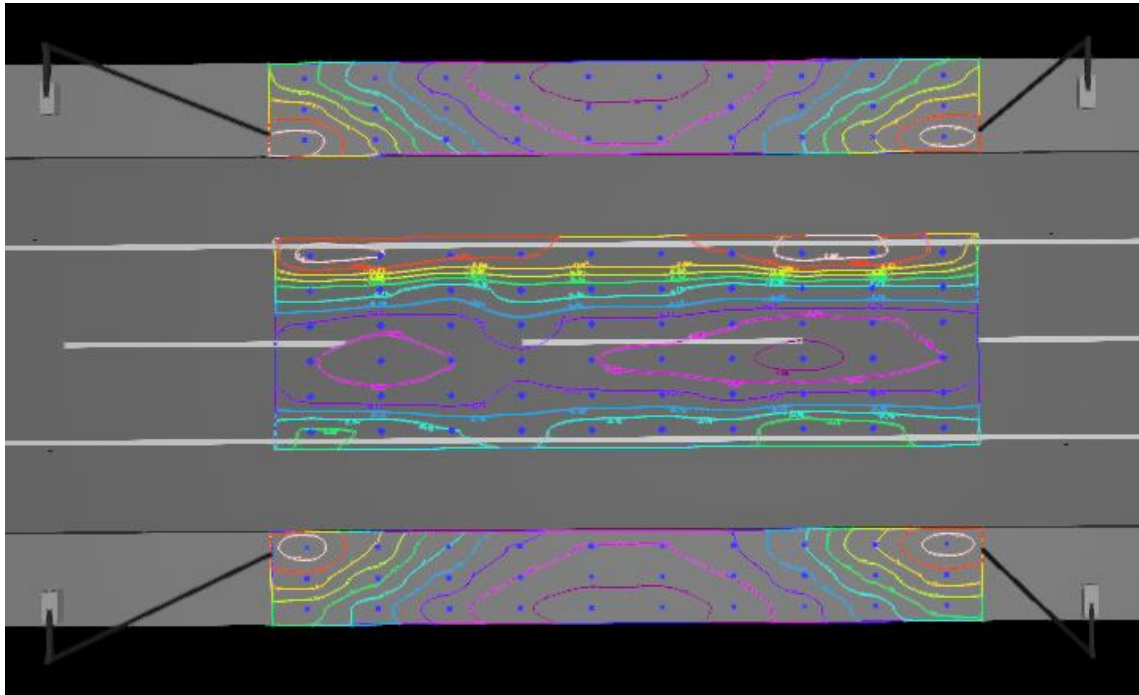


Figura 6-15 Resultados final sección 1 (Luma)

En el ANEJO I (sección 1) se recoge detalladamente los resultados obtenidos mediante DIALux.

6.5.2. Sección 2

Corresponde a la sección tipo de las zonas residenciales suburbanas, zonas algo alejadas del centro de la localidad y de más reciente construcción. Por estas razones, la iluminación se va a diseñar con un carácter de tipo residencial, a diferencia de la primera, que tenía un carácter de vial funcional y a diferencia de las próximas, aquellas calles céntricas, que se les dará una iluminación más ambiental acorde con el entorno.

La situación de proyecto será la misma (B1), pero al haber menos tráfico rodado que en la anterior se le asignará una clase de alumbrado M5. En cambio, al ser zona residencial en la que aumenta el número de peatones y ciclistas, elevaremos la categoría de las aceras a la clase de alumbrado P3.

Las luminarias se colocarán en la acera a una distancia de 20 centímetros del bordillo y los brazos no tendrán longitudes mayores de 1.5 metros.

Datos

Calzada:

- Situación de proyecto B1 (acceso a zonas residenciales)
- Clase de alumbrado M5 (IMD<7000)

Aceras:

- Situación de proyecto E1 (aceras a lo largo de la calzada)
- Clase de alumbrado P3

A diferencia de la anterior sección, la disposición de las luminarias será bilateral al tresbolillo.

Dentro del catálogo de Philips, en el apartado de alumbrado residencial, se han seleccionado las siguientes luminarias que se han creído convenientes para la zona:

- CitySoul gen 2 LED
- Harmony LED

Las dos luminarias propuestas son perfectas para zonas residenciales y ambas se pueden colocar desde los 4 metros, que es la altura de partida que se propuso inicialmente. Ambas tienen un diseño sencillo y a la vez moderno que se adapta fácilmente a este tipo de zona. Se pueden combinar con numerosos báculos y brazos, los cuales se elegirán después de la comparación, tratando de crear el ambiente más agradable.

Al tratarse de calzadas no muy anchas se instalarán luminarias con flujos inferiores a los 2500 lúmenes. El modelo seleccionado de la CitySoul es el siguiente:

CitySoul gen2 LED mini BGP530 T25 1 xLED22/740



Figura 6-16 Luminaria CitySoul

Características:

- Flujo: 1892 lm
- Potencia: 14.2 W
- Temperatura de color: 4000 K
- Índice de reproducción cromática: 70
- Precio: 750

Como en la anterior sección, se tratará de encontrar la altura más adecuada que cumpla con todos los requisitos de iluminación y que a la vez tenga niveles aceptables de deslumbramiento. También se buscará establecer la mayor distancia posible entre los mástiles siempre dentro de la normativa.

Aunque la altura orientativa se estableció en 4.5 metros, habrá que adaptarse a los valores comerciales para báculos que van con pasos de un metro. Por tanto, se compararán las alturas de 4 y 5 metros:

4 metros

Para esta altura, con la distancia entre luminarias propuesta inicialmente (20 metros), no cumple los requisitos como se observa en el siguiente cuadro resumen:

Resultados para campos de evaluación
Factor de degradación: 0.67

Camino peatonal 1 (P3)

Em [lx] ≥ 7.50 ≤ 11.25	Emin [lx] ≥ 1.50
✗ 5.94	✓ 2.45

Calzada 1 (M5)

Lm [cd/m²] ≥ 0.50	Uo ≥ 0.35	UI ≥ 0.40	TI [%] ≤ 15	EIR
✓ 0.84	✓ 0.62	✓ 0.57	✓ 8	* 0.29

Camino peatonal 2 (P3)

Em [lx] ≥ 7.50 ≤ 11.25	Emin [lx] ≥ 1.50
✗ 5.24	✓ 2.07

Figura 6-17 Resultados sección 2 (CitySoul)

Es decir, con estos parámetros, en las aceras con la clase P3, no alcanzaba la iluminancia media de 7.5 lx y en la calzada, la relación entorno (EIR), aunque no entra dentro de la evaluación, tampoco se lograba el valor de 0.3 exigible. El cumplimiento de este parámetro garantiza al conductor la capacidad de distinguir perfectamente los objetos situados a ambos lados de la calzada por lo que es altamente recomendable su cumplimiento.

Posteriormente, se estudió para esa misma altura, cual debía ser la distancia entre luminarias para que se cumplieran todos los requisitos. Se concluyó que la distancia mínima con los parámetros seleccionados debía ser de 18 metros como se muestra a continuación:

Resultados para campos de evaluación
Factor de degradación: 0.67

Camino peatonal 1 (P3)

Em [lx] ≥ 7.50 ≤ 11.25	Emin [lx] ≥ 1.50
✓ 8.29	✓ 6.20

Calzada 1 (M5)

Lm [cd/m²] ≥ 0.50	Uo ≥ 0.35	UI ≥ 0.40	TI [%] ≤ 15	EIR
✓ 0.78	✓ 0.63	✓ 0.66	✓ 7	* 0.49

Camino peatonal 2 (P3)

Em [lx] ≥ 7.50 ≤ 11.25	Emin [lx] ≥ 1.50
✓ 7.74	✓ 5.39

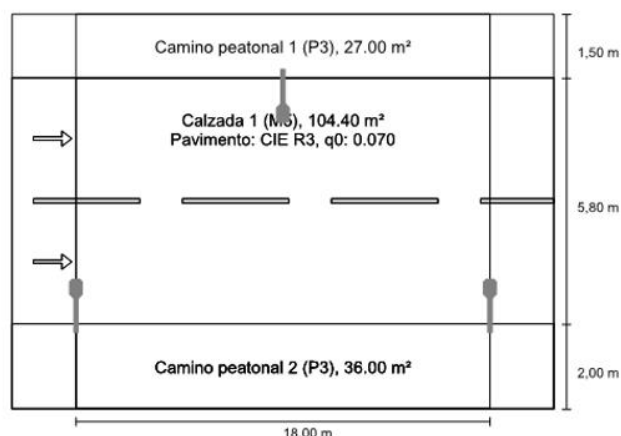


Figura 6-18 Resultados sección 2 (CitySoul)

Como se muestra en el cuadro resumen, ahora sí se cumplen todos los requisitos de iluminación para los 4 metros de altura, 18 de separación y la disposición bilateral al tresbolillo. Cabe destacar que ha sido necesario un brazo de 1 metro de largo, que, con la distancia de 20 cm de la luminaria al bordillo, resulta un saliente del punto de luz de 80 cm. El problema como en la sección anterior, en los casos de puntos bajos de luz, es la

aparición de niveles de deslumbramiento. A pesar de que sean viales con poco tráfico, el nivel obtenido para estos parámetros, D4, es mejorable.

Por tanto, probaremos ahora con una altura de 5 metros para cerciorarnos si se mejoran estos niveles de deslumbramiento y, si se consigue aumentar la distancia entre mástiles.

5 metros

Resultados para campos de evaluación
Factor de degradación: 0.67

Camino peatonal 1 (P3)

Em [lx] ≥ 7.50 ≤ 11.25	Emin [lx] ≥ 1.50
✓ 8.43	✓ 6.07

Calzada 1 (M5)

Lm [cd/m ²] ≥ 0.50	Uo ≥ 0.35	UI ≥ 0.40	TI [%] ≤ 15	EIR
✓ 0.76	✓ 0.65	✓ 0.70	✓ 4	* 0.48

Camino peatonal 2 (P3)

Em [lx] ≥ 7.50 ≤ 11.25	Emin [lx] ≥ 1.50
✓ 7.64	✓ 4.18

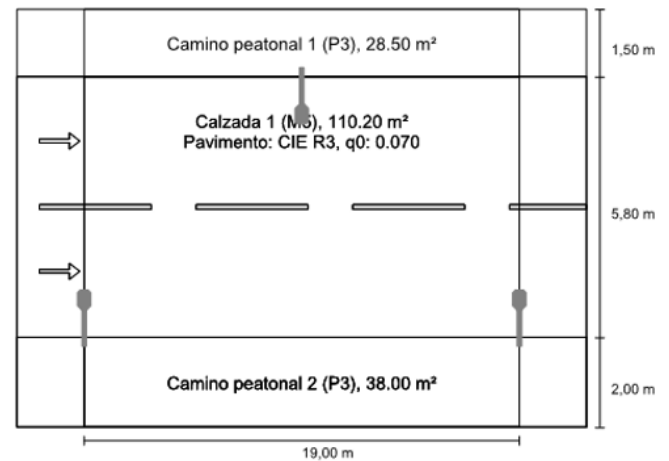


Figura 6-19 Resultados sección 2 (CitySoul)

Para esta altura ha sido posible aumentar la distancia entre mástiles hasta 19 metros. También se ha mejorado el nivel de deslumbramiento hasta D6. Como en la anterior altura, también se ha usado un brazo de 1 metro.

Estos parámetros son óptimos ya que la altura es adecuada para el entorno y la distancia entre mástiles ha aumentado 1 metro con respecto a la anterior y está cerca de la obtenida manualmente. Por estas razones, no se seguirá comprobando una altura mayor y se considerarán estos parámetros los mejores para esta luminaria.

A continuación, se muestran las curvas de la intensidad lumínica horizontal que esta luminaria emite sobre la calzada con los parámetros escogidos:

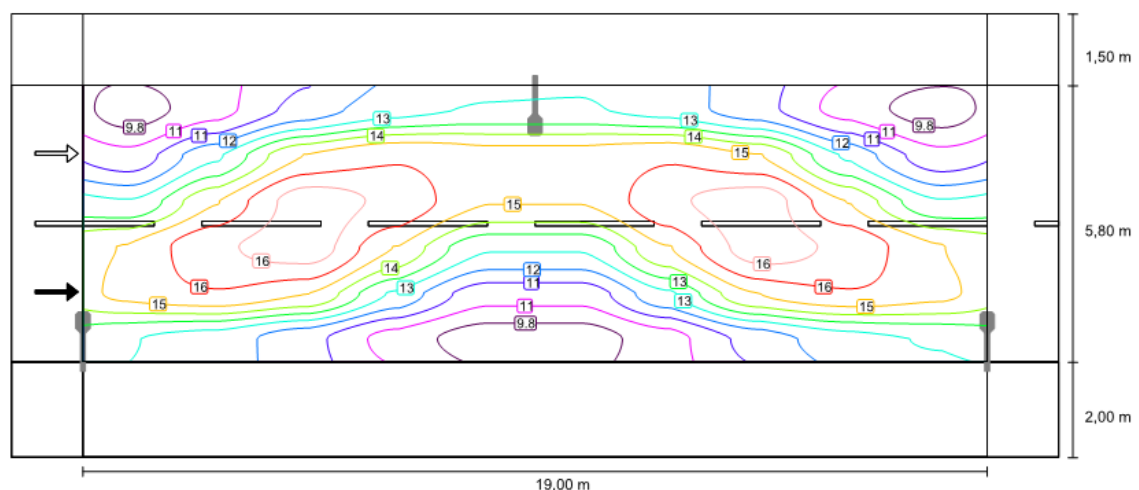


Figura 6-20 Resultados sección 2 (CitySoul)

Eficiencia energética

El siguiente paso será obtener la eficiencia energética para la CitySoul. Para esta sección no se podrá seguir la misma hipótesis que en la anterior, ya que la disposición en este caso es bilateral al tresbolillo y no pareada. Por tanto, se expone la siguiente hipótesis para esta disposición:

- Se considerará un área en la que se incluyan 2 luminarias, es decir, una en un lado de la calzada y otra en el otro lado, pero desplazada 10.5 metros, que es la mitad de la distancia entre mástiles. Para el cálculo la potencia será la suma de las dos, al ser la potencia de la luminaria de 14.2 W, será de 28.4 W. El área será el ancho de la calzada, 5.8 metros, por una longitud igual a 19 metros como se indica en la siguiente figura:

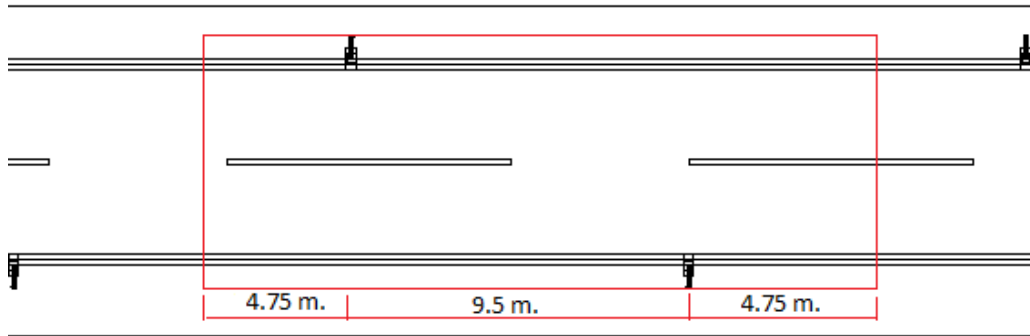


Figura 6-21 Resultados sección 2 (CitySoul)

Haciendo un área total 110.2 m². Para la iluminancia media será la obtenida con DIALux en la calzada que es de 13 lx. Luego:

$$\varepsilon = S \cdot E_m / P = 110.2 \cdot 13 / 28.4 = 50.3 \text{ (m}^2 \cdot \text{lux/W)}$$

Cotejando la tabla 9 para verificar si cumple los requisitos de eficiencia mínima, como en la anterior sección, vemos que se cumple con creces.

A continuación, para obtener el índice de eficiencia energética, se necesita un valor de referencia que se extrae de la tabla 11, en este caso corresponde un valor de 21 lx. Luego:

$$I_E = \varepsilon / \varepsilon_R = 50.3 / 21 = 2.39$$

Por último, el índice de consumo energético se obtiene como la inversa del índice de eficiencia energética:

$$ICE = 1 / I_E = 1 / 2.39 = 0.42$$

Con estos dos últimos valores y examinando las tablas 12 y 13 se obtiene como en los anteriores casos la mejor etiqueta la A que implica el menor consumo y una muy buena eficiencia.

Hacemos hincapié en que la eficiencia energética no es el factor que más influye a la hora de elegir entre una luminaria u otra, esto se debe a que se están utilizando todas las luminarias de tipo LED. Estas, como se comentó en el inicio, ofrecen muy buenas prestaciones a bajo consumo.

Pasamos a continuación a la siguiente luminaria propuesta para esta sección.

Harmony BGP 660FG LED 22-4s/740



Figura 6-22 Luminaria Harmony

Siguiendo con los pasos de la anterior luminaria para el flujo, se buscó el modelo de la Harmony LED con flujos por debajo de los 2500 lm, en este caso 2200 lm.

Características:

- Flujo: 2200 lm
- Potencia: 14.4 W
- Temperatura de color: 4000K
- Índice de reproducción cromática: 70
- Precio: 735

En comparación con la anterior, con aproximadamente la misma potencia y por casi el mismo precio, esta es capaz de ofrecer un flujo mayor. Veremos a continuación las prestaciones que presenta siguiendo el mismo método de comparación, empezando por la misma altura:

4 metros

Resultados para campos de evaluación
Factor de degradación: 0.67

Camino peatonal 1 (P3)

Em [lx] ≥ 7.50 ≤ 11.25	Emin [lx] ≥ 1.50
✓ 7.85	✓ 2.25

Calzada 1 (M5)

Lm [cd/m²] ≥ 0.50	Uo ≥ 0.35	UI ≥ 0.40	TI [%] ≤ 15	EIR
✓ 0.90	✓ 0.77	✓ 0.77	✓ 14	* 0.45

Camino peatonal 2 (P3)

Em [lx] ≥ 7.50 ≤ 11.25	Emin [lx] ≥ 1.50
✓ 7.85	✓ 2.25

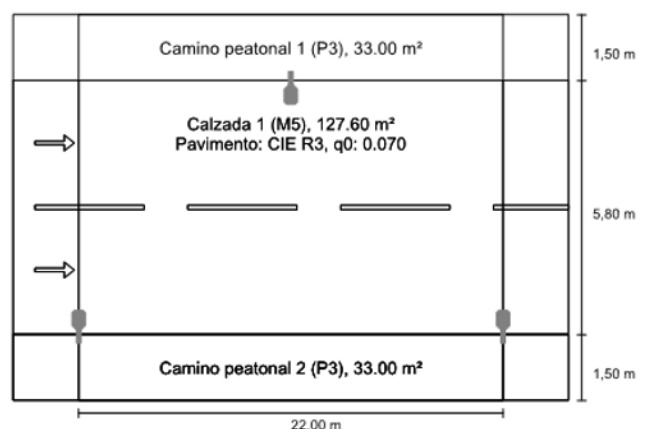


Figura 6-23 Resultados sección 2 (Harmony)

Para la luminaria Harmony seleccionada y con una altura del punto de luz de 4 metros, los requisitos se pueden cumplir satisfactoriamente hasta una distancia entre mástiles de 22 metros como se indica en el cuadro. Era de esperar que esta luminaria con un flujo mayor, en comparación con la anterior, pudiera aumentar esta distancia, que en concreto ha sido de 3 metros. En cuanto al nivel de deslumbramiento molesto obtiene el más aceptable, D6. Además, con esta luminaria ha bastado con un brazo de medio metro de longitud y que deja el saliente del punto de luz en 30 cm.

Comprobamos la siguiente altura por si fuera posible aumentar aún más la distancia entre puntos de luz sin menoscabo de los demás parámetros:

5 metros

Resultados para campos de evaluación

Factor de degradación: 0.67

Camino peatonal 1 (P3)

Em [lx] ≥ 7.50 ≤ 11.25	Emin [lx] ≥ 1.50
✓ 7.60	✓ 3.78

Calzada 1 (M5)

Lm [cd/m²] ≥ 0.50	Uo ≥ 0.35	UI ≥ 0.40	TI [%] ≤ 15	EIR
✓ 0.73	✓ 0.82	✓ 0.87	✓ 9	* 0.58

Camino peatonal 2 (P3)

Em [lx] ≥ 7.50 ≤ 11.25	Emin [lx] ≥ 1.50
✓ 7.60	✓ 3.78

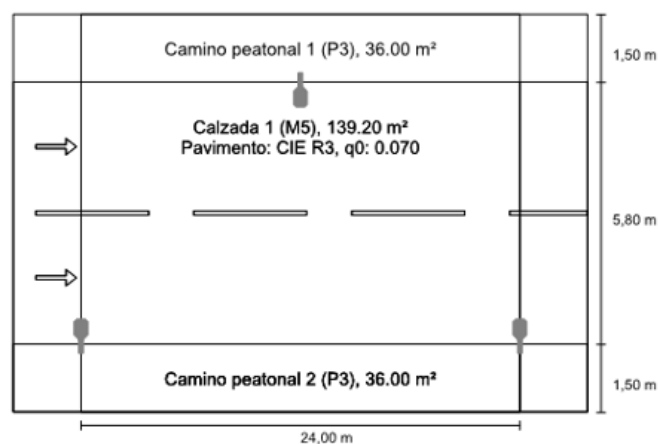


Figura 6-24 Resultados sección 2 (Harmony)

Después de verificar los 5 metros de altura del punto de luz, se ha conseguido aumentar la distancia hasta los 24 metros, manteniendo el cumplimiento de todos los requisitos y con el mismo nivel de deslumbramiento molesto.

Se va a considerar la altura de 5 metros preferible a la de 4. Es cierto que con 4 metros se reducen algo los costes de báculos, pero con una diferencia de 2 metros en la distancia entre luminarias se reducen considerablemente el número de luminarias y lo que ello conlleva (instalación, mantenimiento...)

A continuación, se muestran las curvas de la intensidad lumínica horizontal que esta luminaria emite sobre la calzada con los nuevos parámetros obtenidos. En ella se constatan que los niveles máximos se encuentran en las zonas más próximas a las luminarias reduciéndose a medida que se alejan de éstas.

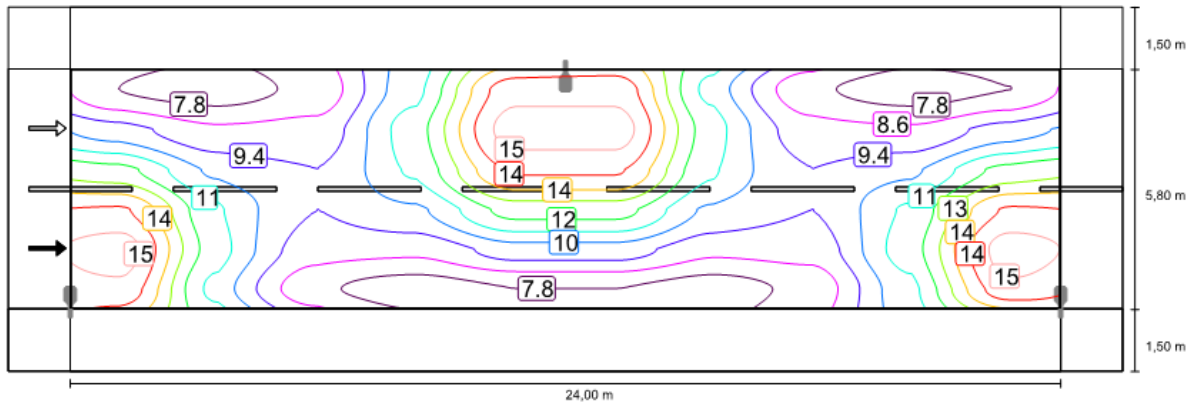


Figura 6-25 Resultados sección 2 (Harmony)

Eficiencia energética

Al igual que las anteriores luminarias LED seguramente se obtendrá una etiqueta A, aunque procederemos a la verificación:

Se seguirá la misma hipótesis, donde el área será la formada por el ancho de la calzada (5.8) y la longitud de 24 metros como se indica en la siguiente figura:

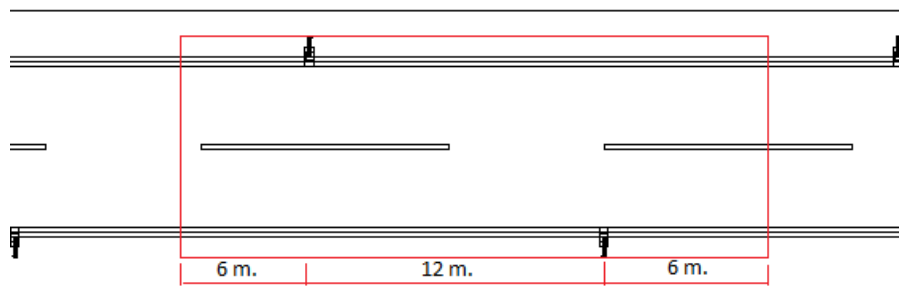


Figura 6-26 Resultados sección 2 (Harmony)

Con lo cual, el área total será de 139.2 m². Como la potencia en este caso es de 14.4 W, la que utilizaremos será de 28,8 W. Por último, se utiliza la iluminancia media obtenida con el programa que es de 11 lx.

$$\varepsilon = S \cdot E_m / P = 139.2 \cdot 11 / 28.8 = 53.1 \text{ (m}^2 \cdot \text{lux/W)}$$

Siguiendo el mismo proceso, cumple los requisitos mínimos de eficiencia con creces. Ahora buscamos un valor de referencia y de la tabla 11 se obtiene un valor de 19. Por tanto, el índice de eficiencia energética vale:

$$I_E = \varepsilon / \varepsilon_R = 53.1 / 19 = 2.79$$

Por último, el índice de consumo energético se obtiene como la inversa del índice de eficiencia energética:

$$ICE = 1 / I_E = 1 / 2.79 = 0.35$$

Como se ha comentado antes, el valor de la eficiencia energética es bastante bueno y recibe también la etiqueta A según las tablas 12 y 13.

Hasta aquí, la eficiencia de ambas luminarias es idéntica, pero los parámetros logrados con la Harmony son algo superiores.

De los parámetros y las dos luminarias analizadas para esta sección podemos decir lo siguiente:

- Igual que en la sección anterior, la eficiencia energética no es el parámetro más determinante ya que ambas luminarias ofrecen una eficiencia óptima.
- Para potencias casi idénticas, la luminaria Harmony consigue ofrecer cerca de 300 lm más, lo que le da cierta ventaja respecto a la CitySoul. Se han considerado unos flujos adecuados entre 2200 y 1900 Para esta sección.
- Se ha considerado que la altura de 5 metros es la más adecuada para ambas luminarias. En la primera, mejora los niveles de deslumbramiento con respecto a 4 metros y consigue aumentar la distancia entre puntos de luz un metro, todo ello cumpliendo satisfactoriamente los niveles de iluminación. La segunda, aunque con las dos alturas los niveles de deslumbramiento eran buenos, si que consigue aumentar en dos metros la distancia entre mástiles.
- En esta comparación, la mayor distancia entre mástiles se consigue con la Harmony para la altura de 24 metros, considerada la mejor. Al ser una distancia dentro de lo razonable, se considera la óptima por reducir el número de instalaciones de luminarias.
- En cuanto al precio, también es más favorable el de la Harmony que es levemente inferior.

Después de revisar todos estos puntos, se considera la luminaria Harmony BGP 660FG LED 22-4s/740 como la más adecuada para esta sección.

En el ANEJO I (sección 2) se recoge detalladamente los resultados obtenidos mediante DIALux para la luminaria y los parámetros elegidos.

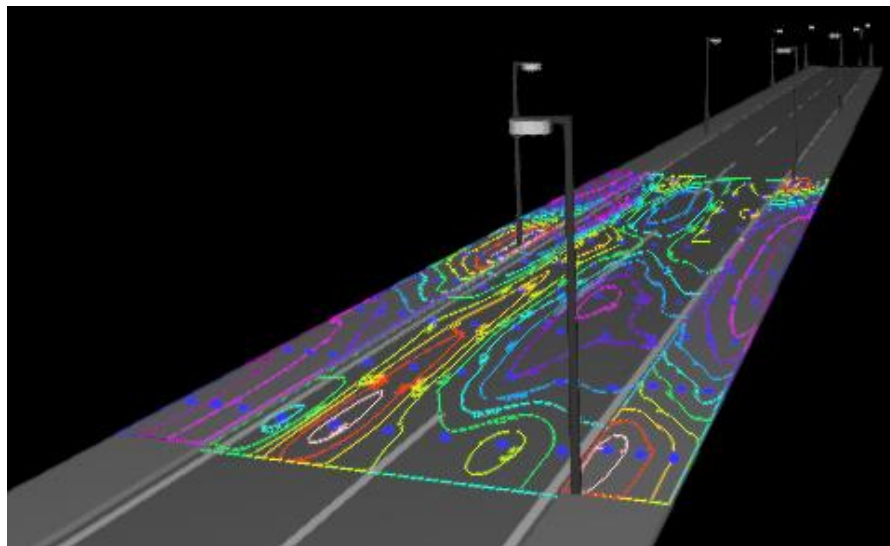


Figura 6-27 Resultados sección 2 (Harmony)



Figura 6-28 Resultados sección 2 (Harmony)

6.5.3 Sección 3

El objeto de estudio de esta sección son las calles más céntricas de la localidad, caracterizadas por su estrechez respecto a las estudiadas en las secciones 1 y 2, tanto de la calzada como del acerado. Por ello, se les va a dotar con una iluminación con un carácter más ambiental. Se buscará una estética que encaje adecuadamente con luminarias más del estilo farol clásico en vez de las que se han ido utilizando hasta el momento, que tenían diseños más innovadores.

Otro cambio importante respecto a las anteriores secciones será la temperatura de color, se buscará ahora una luz más cálida, que como se expuso al principio, implica menos grados kelvin. Las temperaturas más comunes que ofrecen las compañías están entre los 4000 y los 3000 K. En las secciones anteriores empleamos las primeras, pero en este caso es más conveniente bajar ahora hasta los 3000 kelvin.

En esta sección se priorizará el flujo de peatones con respecto al tráfico rodado que estará limitado a una velocidad muy reducida. Por tanto, se dejará de estar en la situación de proyecto B1 que era para velocidades medias.

Datos:

Calzada:

- Situación de proyecto D4 (zonas con velocidad muy limitada)
- Clase de alumbrado P2 (flujo de peatones medio)

Aceras:

- Situación de proyecto E1 (aceras a lo largo de la calzada)
- Clase de alumbrado P2

Continuando con las luminarias de la compañía Philips, se proponen ahora las siguientes luminarias de tipo ambiental que más se ajustan a la estética buscada:

- Miconas gen2
- Farol Villa

Todas las luminarias propuestas, a pesar de su apariencia clásica, están dotadas con la tecnología LED, aunando el diseño tradicional con la más moderna tecnología.

Estas luminarias se montarán en el tope del báculo sin necesidad de brazo, se colocarán a 20 cm del bordillo, teniendo en cuenta la estrechez de la acera; con esta distancia, evitamos obstaculizarla.

En esta sección la disposición de las luminarias será exactamente igual que la anterior, bilateral al tresbolillo.

Por simplicidad para el cálculo en DIALux, se diseñará la vía como una calzada de 5 metros en vez de 2 de estacionamiento y 3 de carril.

Micenas gen2 BDP 791 FG LED 20-4s/830



Figura 6-29 Luminaria Micenas

Características:

- Flujo: 2000 lm
- Potencia: 17 W
- Temperatura de color: 3000 K
- Índice de reproducción cromática: 80
- Precio: 800 euros

Para las alturas de luminarias, se considerarán las mismas que en la anterior sección:

4 metros

Resultados para campos de evaluación Factor de degradación: 0.67

Camino peatonal 1 (P3)

Em [lx] ≥ 7.50 ≤ 11.25	Emin [lx] ≥ 1.50
✓ 8.22	✓ 2.98

Calzada 1 (P2)

Em [lx] ≥ 10.00 ≤ 15.00	Emin [lx] ≥ 2.00
✓ 13.11	✓ 8.91

Camino peatonal 2 (P3)

Em [lx] ≥ 7.50 ≤ 11.25	Emin [lx] ≥ 1.50
✓ 7.51	✓ 2.53

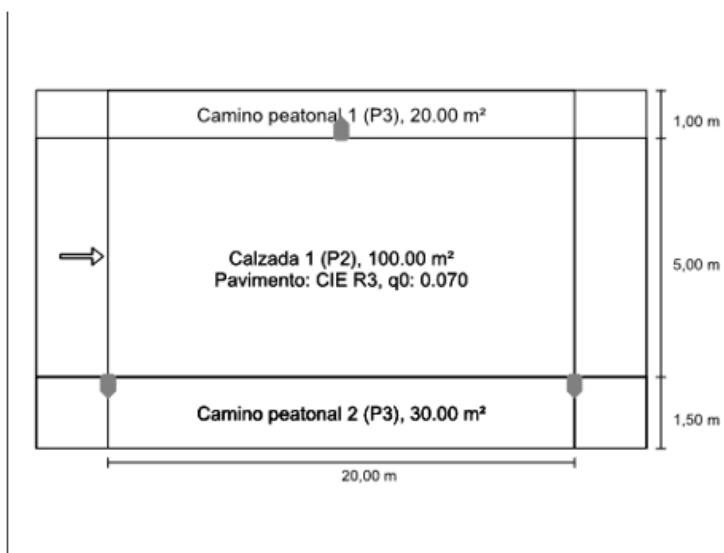


Figura 6-30 Resultados sección 3 (Micenas)

Los resultados obtenidos para 4 metros de la altura del punto de luz son bastante positivos. Se consiguen cumplir todos los requisitos de iluminación en calzada y aceras. La máxima distancia entre luminarias que hace posible este cumplimiento es de 20 metros y todo ello sin necesidad de montaje de brazos que aumenten el saliente del punto de luz.

En cuanto al nivel de deslumbramiento molesto no hay ningún problema ya que se obtiene el nivel D6.

Estos parámetros obtenidos son óptimos, aun así, comprobaremos ahora la siguiente altura.

5 metros

Resultados para campos de evaluación
Factor de degradación: 0.67

Camino peatonal 1 (P3)

Em [lx] ≥ 7.50 ≤ 11.25	Emin [lx] ≥ 1.50
✓ 8.32	✓ 4.83

Calzada 1 (P2)

Em [lx] ≥ 10.00 ≤ 15.00	Emin [lx] ≥ 2.00
✓ 11.97	✓ 9.83

Camino peatonal 2 (P3)

Em [lx] ≥ 7.50 ≤ 11.25	Emin [lx] ≥ 1.50
✓ 7.67	✓ 3.86

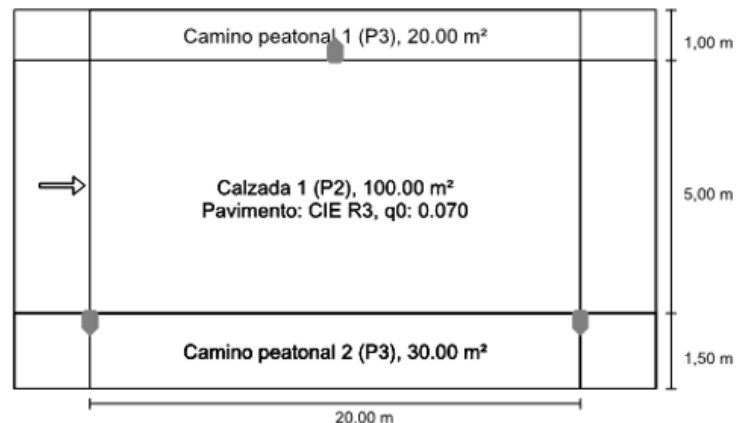


Figura 6-31 Resultados sección 3 (Micenas)

Para los 5 metros también se alcanzan buenos resultados. Se cumplen todos los requisitos y el nivel de deslumbramiento molesto también es el más favorable. Cabe decir que la distancia entre mástiles es la misma que para la anterior altura y también sin la necesidad de montar brazos.

En conclusión, para esta sección y con esta luminaria, se considerará la altura de 4 metros como la más adecuada. A pesar de que con ambas alturas se consiguen casi los mismos resultados, con la altura de 4 metros logramos un ahorro en el coste de los báculos.

Se calculará ahora la eficiencia para la Micenas gen2 para altura elegida.

Eficiencia energética

Al tener la misma disposición de luminarias que la anterior sección, el cálculo se realizará de la misma forma. Es decir, el área será el ancho de la calzada que será de 5 metros (se contará el espacio de aparcamiento, ya que para el cálculo en DIALux se diseñó una calzada de 5 metros) por la distancia de 20m como se indica en la figura, y sería un área de 100 m².

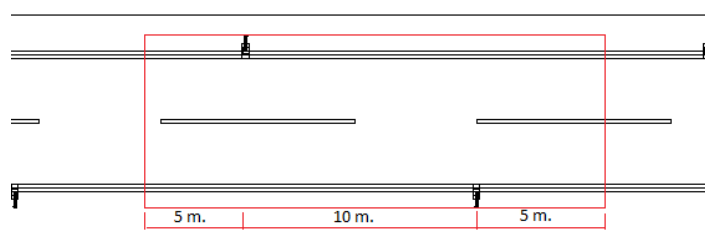


Figura 6-32 Resultados sección 3 (Micenas)

La potencia sería la suma de dos luminarias, siendo de 34 W y la iluminancia media sería la obtenida con DIALux para la calzada que es de 13.11 lx.

$$\varepsilon = S \cdot E_m / P = 100 \cdot 13.11 / 34 = 38.56 \text{ (m}^2 \cdot \text{lux/W)}$$

Siguiendo el mismo proceso, cumple los requisitos mínimos de eficiencia con creces, verificando ya que hemos optado por a alumbrado ambiental. Ahora buscamos un valor de referencia y de la tabla 11 se obtiene un valor de 10.5. Por tanto, el índice de eficiencia energética resulta:

$$I_e = \varepsilon / \varepsilon_R = 38.56 / 10.5 = 3.67$$

Por último, el índice de consumo energético se obtiene como la inversa del índice de eficiencia energética:

$$ICE = 1 / I_e = 1 / 3.67 = 0.27$$

Como en todas las secciones anteriores, observando las tablas 12 y 13, se ha vuelto a obtener la etiqueta A debido al bajo consumo del LED.

Hay que reseñar que en esta sección si sólo se hubieran tenido en cuenta los 3 metros de anchura del carril, se habría obtenido otro valor de la eficiencia y podría darse el caso de haber descendido de categoría. Pero también es cierto que al diseñarse para una anchura de 5 metros en vez de los 3 (por facilidad en la colocación de las luminarias en el programa), se obtienen unos valores de distancia entre mástiles que hubieran sido diferente. Por tanto, se considera como válido este dimensionamiento.

Farol Villa BDP765 GF T25 LED 40-4s/830



Figura 6-33 Luminaria Farol Villa

Características:

- Flujo de la luminaria: 1775 lm
- Potencia: 20 W
- Temperatura de color: 3000 K
- Índice de reproducción cromática: 80
- Precio: 650 euros

En cuanto a las características de esta luminaria respecto a la anterior, cabe destacar que esta necesita una potencia mayor para conseguir un flujo similar. En lo que se refiere al precio es algo más barata.

Estudiaremos a continuación las mismas alturas:

4 metros

Resultados para campos de evaluación
Factor de degradación: 0.67

Camino peatonal 1 (P3)

Em [lx] ≥ 7.50 ≤ 11.25	Emin [lx] ≥ 1.50
✓ 9.42	✓ 3.74

Calzada 1 (P2)

Em [lx] ≥ 10.00 ≤ 15.00	Emin [lx] ≥ 2.00
✓ 10.22	✓ 5.99

Camino peatonal 2 (P3)

Em [lx] ≥ 7.50 ≤ 11.25	Emin [lx] ≥ 1.50
✓ 9.04	✓ 3.25

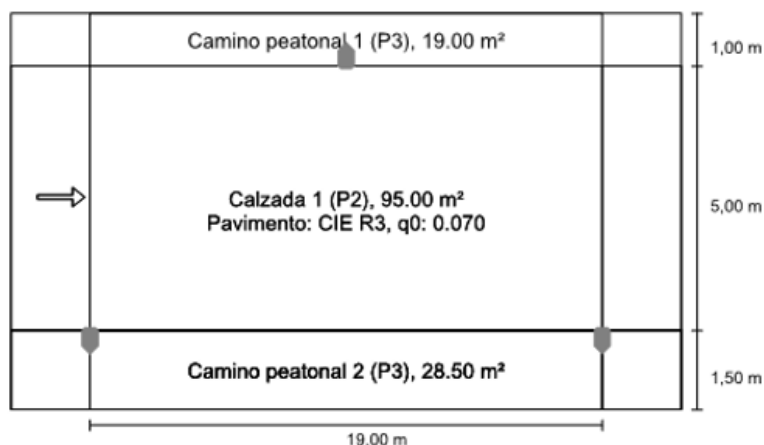


Figura 6-34 Resultados sección 3 (Farol Villa)

Para esta primera altura se obtienen unos niveles de Iluminación media muy buenos, tanto en calzada como en acera. La separación entre puntos de luz máxima permitida para que se cumplan todos los requisitos es de 19 metros. En comparación con la luminaria Micenas, para esta misma altura, es un metro menor. Aun así, es una distancia aceptable. Por último, tiene un nivel D6 de deslumbramiento molesto.

5 metros

Resultados para campos de evaluación
Factor de degradación: 0.67

Camino peatonal 1 (P3)

Em [lx] ≥ 7.50 ≤ 11.25	Emin [lx] ≥ 1.50
✓ 8.91	✓ 5.52

Calzada 1 (P2)

Em [lx] ≥ 10.00 ≤ 15.00	Emin [lx] ≥ 2.00
✓ 10.11	✓ 8.10

Camino peatonal 2 (P3)

Em [lx] ≥ 7.50 ≤ 11.25	Emin [lx] ≥ 1.50
✓ 8.60	✓ 4.95

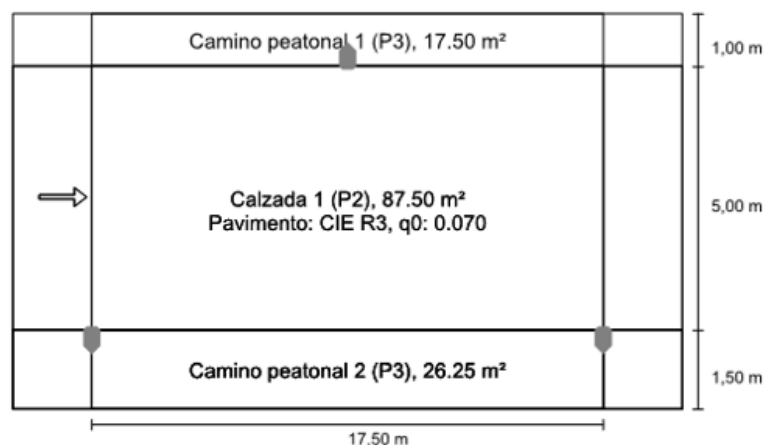


Figura 6-35 Resultados sección 3 (Farol Villa)

En esta luminaria vemos que, si aumentamos la altura por encima de 4 metros, para que se cumplan los valores de la iluminancia media en calzada y aceras, es necesario disminuir la distancia entre puntos de luz en 1.5 metros. Los niveles de deslumbramiento molesto siguen siendo buenos (D6).

Se considerará, por tanto, que la altura de 4 metros es la adecuada para esta luminaria por reducir costes en báculos e incluso reducir costes en instalaciones al conseguir mayor distancia entre mástiles.

A continuación, se calculará la eficiencia energética para los 19 metros de separación que son los que le corresponde a una altura de 4 metros.

Eficiencia energética

Siguiendo el mismo proceso que antes, ahora el área será de 5 metros de ancho por una longitud de 19 metros como se indica en la figura, obteniendo un área total de 95 m².

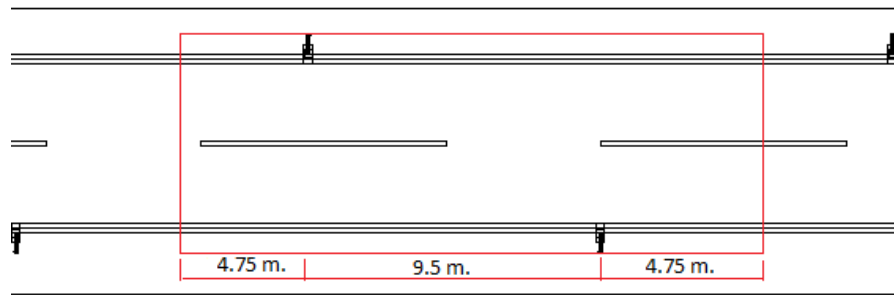


Figura 6-36 Resultados sección 3 (Farol Villa)

La potencia sería la suma de dos luminarias, siendo de 40 W y la iluminancia media sería la obtenida con DIALux para la calzada que es de 10.22 lx.

$$\varepsilon = S \cdot E_m / P = 95 \cdot 10.22 / 40 = 24.27 \text{ (m}^2 \cdot \text{lux/W)}$$

Siguiendo el mismo proceso, cumple los requisitos mínimos de eficiencia de la tabla 10. Ahora buscamos un valor de referencia y de la tabla 11 se obtiene un valor de 9.25. Por tanto, el índice de eficiencia energética resultante es:

$$I_e = \varepsilon / \varepsilon_R = 24.27 / 9.25 = 2.62$$

Por último, el índice de consumo energético se obtiene como la inversa del índice de eficiencia energética:

$$ICE = 1 / I_e = 1 / 2.62 = 0.38$$

Este valor de la eficiencia energética es algo inferior que en la anterior luminaria, principalmente porque usa más potencia, pero sigue estando de sobra dentro de los valores que le corresponden a la etiqueta A.

A pesar de la diferencia, al tener ambas la mejor etiqueta, la eficiencia vuelve a ser el parámetro menos determinante a la hora de decantarse por una luminaria.

Comparación entre ambas:

- Para las características de esta sección se ha considerado bueno un flujo entre 1600 y 1800 lm
- La altura más adecuada se ha considerado de 4 metros. Se ha verificado que, con ambas luminarias, para el flujo establecido, aumentar la altura no suponía ninguna mejora, es más para la segunda luminaria decrementaba la distancia entre luminarias
- Las distancias entre puntos de luz para 4 metros han resultado muy parecidas entre ambas luminarias (20 y 19 metros respectivamente)
- La eficiencia vuelve a ser poco determinante
- El precio es el factor diferenciador, inclinándose por el Farol Villa.

Finalmente, se escogió el Farol Villa por su menor coste y por su aspecto clásico más adecuado al entorno de la localidad.

En el ANEJO I (sección 3) se muestran los resultados más detallados generados por DIALux para esta luminaria.

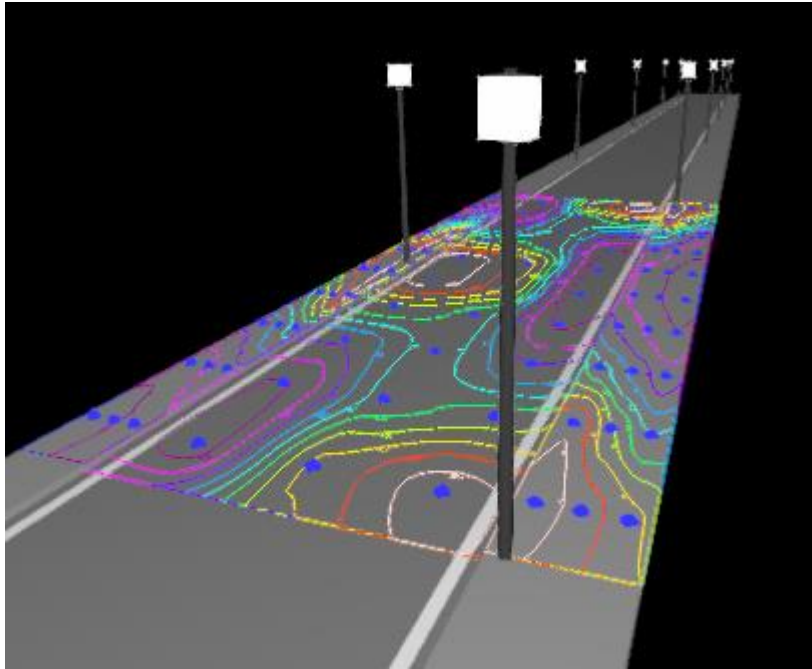


Figura 6-37 Resultados sección 3 (Farol Villa)

6.5.4. Sección 4

Esta es la última sección tipo que se estudiará. Son las calles más estrechas de la localidad, con un único carril de un sentido, sin zona de estacionamiento y aceras de menos de 1 metro y con mayor flujo peatonal. El tráfico que circula por estas calles es reducido, tratándose principalmente de aquellos vecinos que deben discurrir por ellas para llegar a su residencia. La velocidad es muy limitada debido a la estrechez de la calzada. Esta sección al igual que la anterior, es zona prioritaria de peatones, se halla en una situación de proyecto del tipo D.

En cuanto al tipo de iluminación, será del mismo tipo que la anterior sección, es decir, una iluminación con un carácter más ambiental. La temperatura se mantendrá también un tipo más cálido que las primeras.

Otro aspecto importante de esta sección es que las luminarias se colocarán en disposición unilateral, es decir, en un único lado de la calzada a diferencia de todas las anteriores secciones estudiadas.

Datos

Calzada:

- Situación de proyecto D4 (zonas con velocidad muy limitada)
- Clase de alumbrado P2 (flujo de peatones medio)

Aceras:

- Situación de proyecto E1 (aceras a lo largo de la calzada)
- Clase de alumbrado P2

Las luminarias se colocarán en la acera más estrecha y al ser tan pequeña se le asignará la misma clase de alumbrado que a calzada (P2).

Las calles incluidas en esta sección se entrecruzan con las estudiadas para la sección 3 por ser todas las de la zona céntrica. Por eso, en este caso no se propondrán nuevas luminarias ya que podría cambiar el entorno de una calle a otra colindante y, sólo se estudiará la seleccionada como más adecuada para la sección 3 que ha resultado ser el Farol Villa.

En esta sección, al tratarse de aceras muy estrechas, la instalación de báculos implicaría casi la total obstrucción en el flujo de peatones, por ello las luminarias se instalarán a través de brazos laterales anclados a las fachadas de los edificios. Esta luminaria requiere de un brazo específico llamado Palomilla Villa, su longitud es de 70 centímetros como se muestra en la imagen:

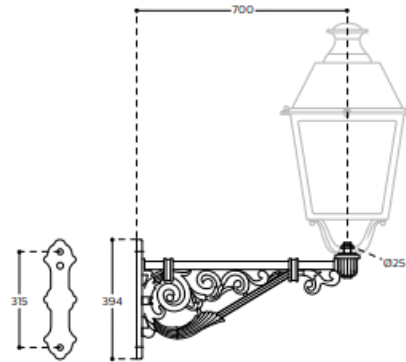


Figura 6-38 Palomilla Villa [4]

Esto libera del uso de báculos y se podrán estudiar alturas fuera de los valores comerciales. Las alturas que se estudiarán serán de 3.5 metros y 4 metros, ya que no es lógico estudiar alturas mayores que para la asignada en la sección anterior.

Para diseñarlo correctamente en DIALux, se supondrán que las luminarias están sobre báculos de la altura indicada, pero estos estarán situados donde quedaría la fachada del edificio.

Evitando cambiar el entorno del centro se estudiará el modelo del Farol Villa con las mismas características que el usado en la anterior sección.

3.5 metros

Resultados para campos de evaluación
Factor de degradación: 0.67

Camino peatonal 2 (P2)

Em [lx] ≥ 10.00 ≤ 15.00	Emin [lx] ≥ 2.00
✓ 12.06	✓ 3.19

Calzada 1 (P2)

Em [lx] ≥ 10.00 ≤ 15.00	Emin [lx] ≥ 2.00
✓ 10.59	✓ 3.04

Camino peatonal 1 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.50	Emin [lx] ≥ 1.00
✓ 5.90	✓ 2.05

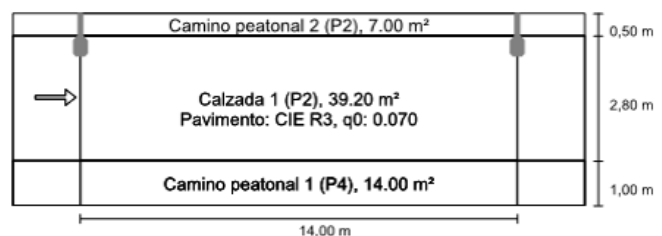


Figura 6-39 Resultados sección 4 (Farol Villa)

Con la primera altura comprobada, la distancia máxima permitida para que se cumplan todos los requisitos de iluminación es de 14 metros. Puede parecer una distancia pequeña en comparación con todas las obtenidas en las secciones anteriores, pero en este caso, al tener una disposición unilateral, no es excesivo el número de luminarias a instalar.

No hay deslumbramiento molesto ya que se obtiene un nivel D6.

Hay que destacar que, para esta disposición, el lado donde se colocan las luminarias tiene unos niveles de iluminación media bastante superiores a los niveles de la acera de enfrente.

Los parámetros obtenidos con esta altura son bastante adecuados. Ahora se comprobará medio metro más de altura.

4 metros

Resultados para campos de evaluación
Factor de degradación: 0.67

Camino peatonal 2 (P2)

Em [lx] ≥ 10.00 ≤ 15.00	Emin [lx] ≥ 2.00
✓ 11.11	✓ 4.77

Calzada 1 (P2)

Em [lx] ≥ 10.00 ≤ 15.00	Emin [lx] ≥ 2.00
✓ 10.22	✓ 4.37

Camino peatonal 1 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.50	Emin [lx] ≥ 1.00
✓ 6.66	✓ 3.02

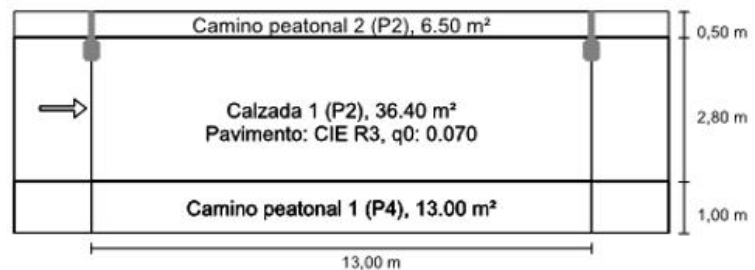


Figura 6-40 Resultados sección 4 (Farol Villa)

Para esta última altura, los costes no varían, ya que no son necesarios báculos. La distancia para que se cumplan los requisitos ha disminuido un metro. Con 14 metros de separación, la calzada deja de estar por encima de la iluminancia media necesaria.

Por esta razón consideraremos la mejor altura para esta sección la de 3.5 metros.

A pesar de que, en la sección 3 se estableció una altura para las luminarias de 4 metros, no resultará inadecuada esta diferencia de altura; no es excesiva y las luminarias estarán colocadas en soportes diferentes.

En última instancia, se calculará la eficiencia energética de esta luminaria. A pesar de que ya se calculó para la misma luminaria en la sección 3, se volverá a verificar que ofrece una iluminación eficiente.

Eficiencia energética

En este caso la disposición es unilateral por lo que se calculará con el área formada por el ancho de la calzada de 2,80 metros por la longitud de 14 metros indicada en la figura y que hace un total de 39.2 m².

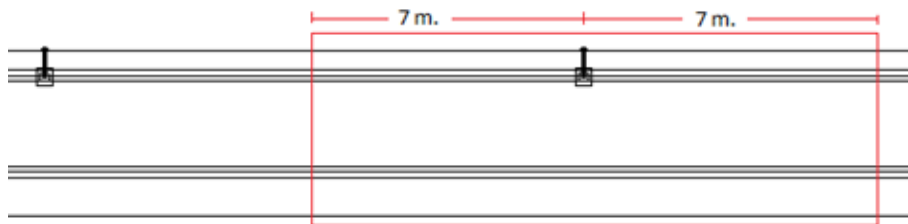


Figura 6-41 Resultados sección 4 (Farol Villa)

Para la potencia en este caso sólo se utilizará la de una luminaria y es de 20 W. Para la iluminancia media se emplea la que resulta de los cálculos de DIALux en la calzada y tiene un valor de 10.59 lx, luego la eficiencia energética queda:

$$\varepsilon = S \cdot E_m / P = 39.2 \cdot 10.59 / 20 = 20.76 \text{ (m}^2 \cdot \text{lux/W)}$$

Siguiendo el mismo proceso, cumple los requisitos mínimos de eficiencia de la tabla 10. Ahora buscamos un valor de referencia y de la tabla 11 se obtiene un valor de 9.5. Por tanto, el índice de eficiencia energética vale:

$$I_e = \varepsilon / \varepsilon_R = 20.76 / 9.5 = 2.18$$

Por último, el índice de consumo energético se obtiene como la inversa del índice de eficiencia energética:

$$ICE = 1 / I_e = 1 / 2.18 = 0.46$$

Fijándonos en las tablas 12 y 13, esta luminaria también obtiene la etiqueta A para esta sección.

Con la eficiencia de esta última sección, se puede asegurar que usando la tecnología LED y empleando buenos niveles de flujo para cada sección, se obtendrá siempre una buena eficiencia energética.

Para esta sección, al no haberse comparado con otra, podemos decir que los parámetros más adecuados son una altura del punto de luz de 3.5 metros enganchada mediante un brazo de 70 centímetros a la fachada de los edificios, y una distancia entre luminarias de 14 metros.

Probablemente, si se hubiera comparado también con la luminaria Micenas, se habrían obtenido conclusiones similares y se hubiera vuelto a optar por la Villa.

En el ANEJO I (sección 4) se muestra los resultados más detallados para esta sección.

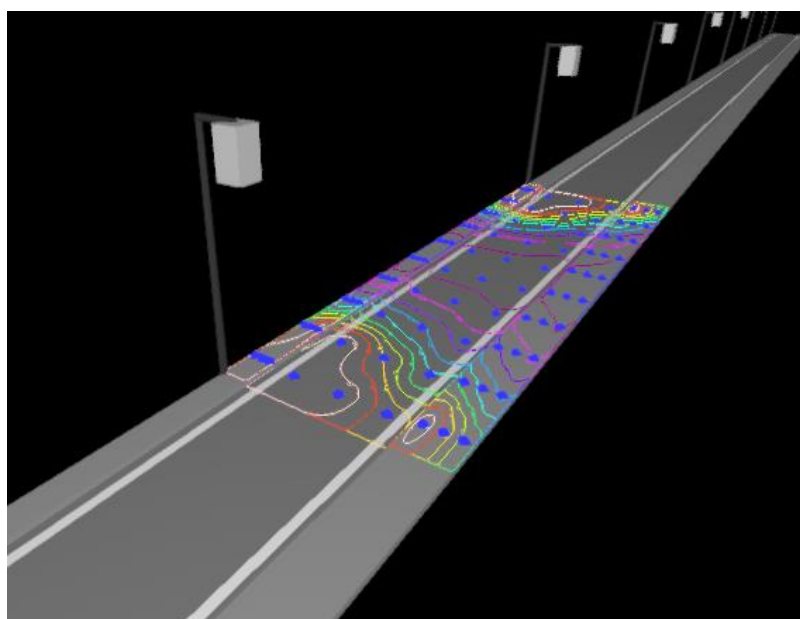


Figura 6-42 Resultados sección 4 (Farol Villa)

7 ALUMBRADO DE PLAZAS Y EDIFICIOS

Esta sección consistirá en el análisis de las dos plazas más emblemáticas y concurridas de la localidad, como son la Plaza de España y la Plaza Marqués de Villavelviestre. Se analizarán cada una por separado ya que tienen formas singulares. Ambas están situadas en la parte más céntrica de la localidad, por lo que es conveniente continuar con el mismo modelo de luminaria que se ha ido usando en esta zona para evitar cambiar la estética, el Farol Villa.

Para el examen de estas plazas se las considerará como vías peatonales y por ello tendrán una clasificación asimiladas a las vías tipo E. Por ser lugares de reunión, en los que también existen pequeños comercios y bares y por tanto un cierto flujo de peatones, se les asignará una clase de alumbrado P3. Esta clase requiere una iluminancia media de 7.5 lx y que no haya ningún punto por debajo de 1.5 lx.

Las características del Farol Villa que se empleará en las plazas son las siguientes:

- Flujo: 2646 lm
- Potencia: 21W
- Temperatura de color: 3000K
- Índice de reproducción cromática: 80

Además, se alumbrará la fachada del ayuntamiento, el cual se encuentra dentro de la Plaza de España. Se hará un modelo muy simplificado del edificio con el propio DIALux y se dispondrán proyectores en los edificios próximos, de modo que se garantice un cierto nivel de iluminación.

7.1. Plaza de España

Se puede considerar como el punto más céntrico de la localidad. Dentro de esta plaza se encuentra, además del ayuntamiento, un bar y varios comercios. La plaza cuenta con numerosos bancos para sentarse. Tiene forma de Y, está rodeado de edificios y se puede acceder a ella: por su parte inferior, por la calle Amante Laffon y por la superior por las calles Juan Carlos I y Moreno Segura.

Se alumbrará del mismo modo que una calle de 16 metros de anchura, pero en este caso totalmente peatonal. En el “tronco de la Y” se colocarán las luminarias de forma bilateral pareadas desde la calle Amante Laffon hasta el ayuntamiento, a una separación de las fachadas de los edificios de 4 metros, de forma que estarán enfrentadas unas de otras a 8 metros. Se dejará de alumbrar como plaza al inicio de las ramificaciones, que pasarán a ser calles de la sección 4 anteriormente estudiada.

Las primeras luminarias se emplazarán a 1 metro de la calle Amante Laffon. En la siguiente imagen se muestra un plano de la situación, donde la Plaza queda delimitada por la línea rosa, también se puede observar la localización del ayuntamiento:



Figura 7-1 Plaza de España

La línea rosa también delimita la superficie utilizada para los cálculos en el software DIALux.

A partir de las primeras luminarias colocadas que se ven en el plano, se comenzó a colocar las restantes hasta quedar repartidas en la totalidad de la plaza. Se ensayó primero con una distancia entre luminarias de 12 metros, pero el flujo de la luminaria escogida no era suficiente y existía poca uniformidad y puntos por debajo del mínimo exigido en la normativa. posteriormente, se probó con 11 metros, pero no se alcanzaban los requisitos exigidos. Por último, con 10 metros de distancia fue posible cumplir la normativa y fueron necesarias un total de 16 luminarias hasta completar la plaza. Las 12 primeras se acomodaron en disposición bilateral pareada y a partir de estas, se empezaron a colocar en disposición unilateral por cada calle a modo de transición.

Los resultados obtenidos, donde se cumple con los valores exigidos, son los siguientes:

Tabla 7-1 Resultado de superficies

Objetos de resultado de superficies

	Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Min./medio	Min./máx.
1	Objeto de resultado de superficies 1	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx]	11.6	1.72	28.2	0.15	0.061
		Densidad luminica [cd/m²]	1.27	0.19	3.09	0.15	0.061

En las siguientes imágenes se puede observar distribución de las luminarias y las isolíneas en la que se aprecia como quedan distribuidos los resultados.

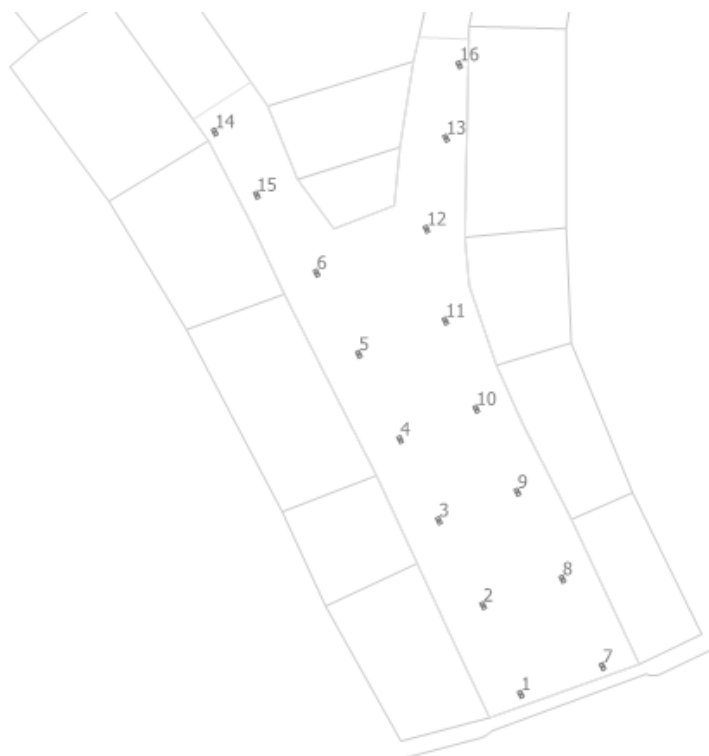


Figura 7-2 Distribución de luminarias

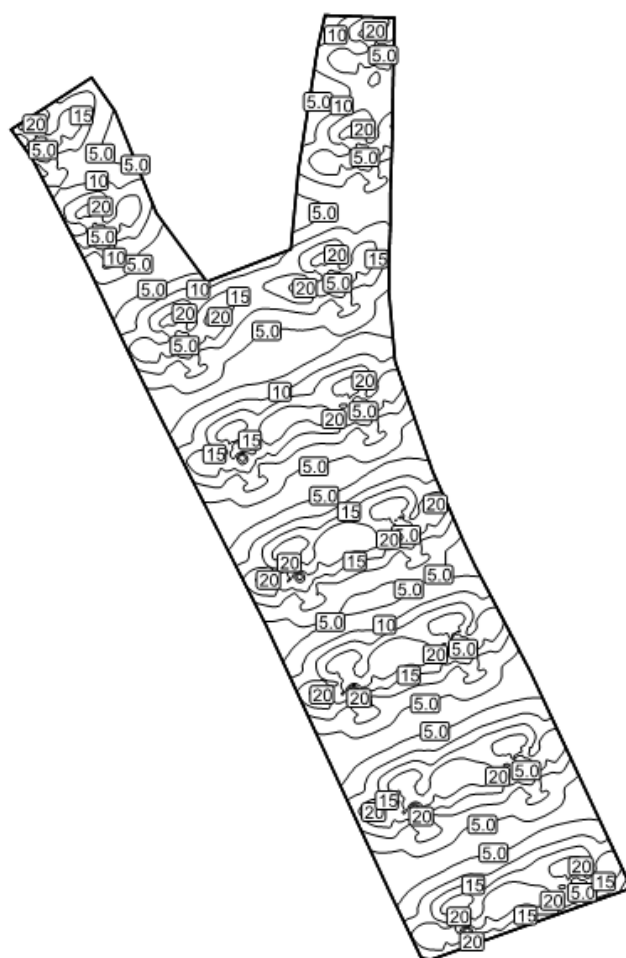


Figura 7-3 Isolíneas

Por último, se obtuvo la eficiencia energética del mismo modo que la de los viarios. Donde el área total tiene una extensión de 1110 m², potencia total de 336 W e iluminancia media de 11.6 lx.

$$\varepsilon = S \cdot E_m / P = 1110 \cdot 11.6 / 336 = 38.32 \text{ (m}^2 \cdot \text{lux/W)}$$

Siguiendo el mismo proceso, cumple los requisitos mínimos de eficiencia con creces de la tabla 10. Ahora buscamos un valor de referencia y de la tabla 11 se obtiene un valor de 9.75 Por tanto, el índice de eficiencia energética vale:

$$I_e = \varepsilon / \varepsilon_R = 38.32 / 9.75 = 3.9$$

Por último, el índice de consumo energético se obtiene como la inversa del índice de eficiencia energética:

$$ICE = 1 / I_e = 1 / 3.9 = 0.26$$

Fijándonos en las tablas 12 y 13 podemos determinar que la plaza de España también obtiene la etiqueta A.

7.2. Fachada del ayuntamiento

La idea de este alumbrado es la de realzar la fachada del ayuntamiento, por ser esta la más importante de la zona, con respecto a la de los demás edificios de la plaza.

Para este alumbrado también atendemos al reglamento de la eficiencia energética de iluminación de exterior, el cual nos indica los siguientes niveles de iluminación para alumbrado ornamental:

NATURALEZA DE LOS MATERIALES DE LA SUPERFICIE ILUMINADA	NIVELES DE ILUMINANCIA MEDIA (Lux) ⁽¹⁾			COEFICIENTES MULTIPLICADORES DE CORRECCIÓN ⁽²⁾			
	Iluminación de los alrededores			Corrección para el tipo de lámpara		Corrección para el estado de la superficie iluminada	
	Baja	Media	Elevada	H.M. V.M.	S.A.P. S.B.P.	Sucia	Muy Sucia
Piedra clara, mármol claro	20	30	60	1,0	0,9	3,0	5,0
Piedra media, cemento, mármol coloreado claro	40	60	120	1,1	1,0	2,5	5,0
Piedra oscura, granito gris, mármol oscuro	100	150	300	1,0	1,1	2,0	3,0
Ladrillo amarillo claro	35	50	100	1,2	0,9	2,5	5,0
Ladrillo marrón claro	40	60	120	1,2	0,9	2,0	4,0
Ladrillo marrón oscuro, granito rosa	55	80	160	1,3	1,0	2,0	4,0
Ladrillo rojo	100	150	300	1,3	1,0	2,0	3,0
Ladrillo oscuro	120	180	360	1,3	1,2	1,5	2,0
Hormigón arquitectónico	60	100	200	1,3	1,2	1,5	2,0
REVESTIMIENTO DE ALUMINIO:							
- Terminación natural	200	300	600	1,2	1,1	1,5	2,0
- termolacado muy coloreado (10%) rojo, marrón, amarillo	120	180	360	1,3	1,0	1,5	2,0
- termolacado muy coloreado (10%) azul – verdoso	120	180	360	1,0	1,3	1,5	2,0
- termolacado colores medios (30 – 40%) rojo, marrón, amarillo	40	60	120	1,2	1,0	2,0	4,0
- termolacado colores medios (30 – 40%) azul – verdoso	40	60	120	1,0	1,2	2,0	4,0
- termolacado colores pastel (60 – 70%) rojo, marrón, amarillo	20	30	60	1,1	1,0	3,0	5,0
- termolacado colores pastel (60 – 70%) azul - verdoso	20	30	60	1,0	1,1	3,0	5,0

⁽¹⁾ Valores mínimos de iluminancia media en servicio con mantenimiento de la instalación sobre la superficie limpia iluminada con lámparas de incandescencia.

⁽²⁾ Coeficientes multiplicadores de corrección para lámparas de halogenuros metálicos (H.M.), vapor de mercurio (V.M.), de vapor de sodio a alta presión (S.A.P.) y a baja presión (S.B.P.), así como para el estado de limpieza de la superficie iluminada.

Tabla 7-2 Niveles mínimos de iluminancia media en servicio del alumbrado ornamental [1]

Establece unos niveles de iluminancia en función de la naturaleza de los materiales de la fachada. En este caso por ser de piedra clara y querer darle un nivel medio-elevado, buscaremos estar por encima de un valor de 45 luxes.

El modelo que se va a usar es el siguiente:

ColorReach Powercore gen2 DCP776 LED HB/RGB



Figura 7-4 Luminaria ColorReach

Con las siguientes características:

- Flujo: 7418 lm
- Potencia: 273.8 W
- Temperatura de color: RGB

El color RGB significa la sigla de los tres colores primarios (rojo, verde y azul), es decir con este proyector se podrían proyectar estos colores y diferentes tonos más gracias a las distintas combinaciones de ellos. En este caso para los cálculos se usará una luz blanca. Se colocarán en los edificios próximos, que son más bajos que el propio ayuntamiento, a una altura de 6 metros, teniendo el ayuntamiento una altura aproximada de 8 en el grueso de la fachada y 10 en la zona más alta. Se empezó probando con un total de 4 proyectores, dos en cada edificio, y se obtuvieron valores muy elevados. Por lo que se optó por utilizar solo dos proyectores, uno en cada edificio, con una pequeña inclinación hacia abajo para también iluminar los puntos más bajos. La posición de los proyectores es la que se ve en la siguiente imagen y están a una distancia en planta aproximada de 7 metros de la fachada:

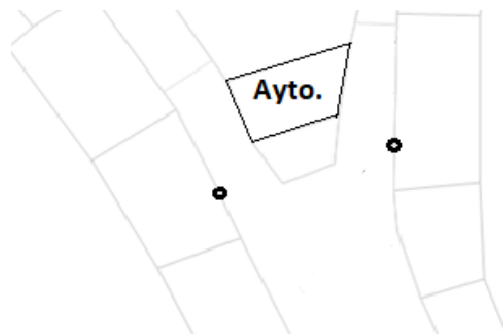


Figura 7-5 Posición de los proyectores

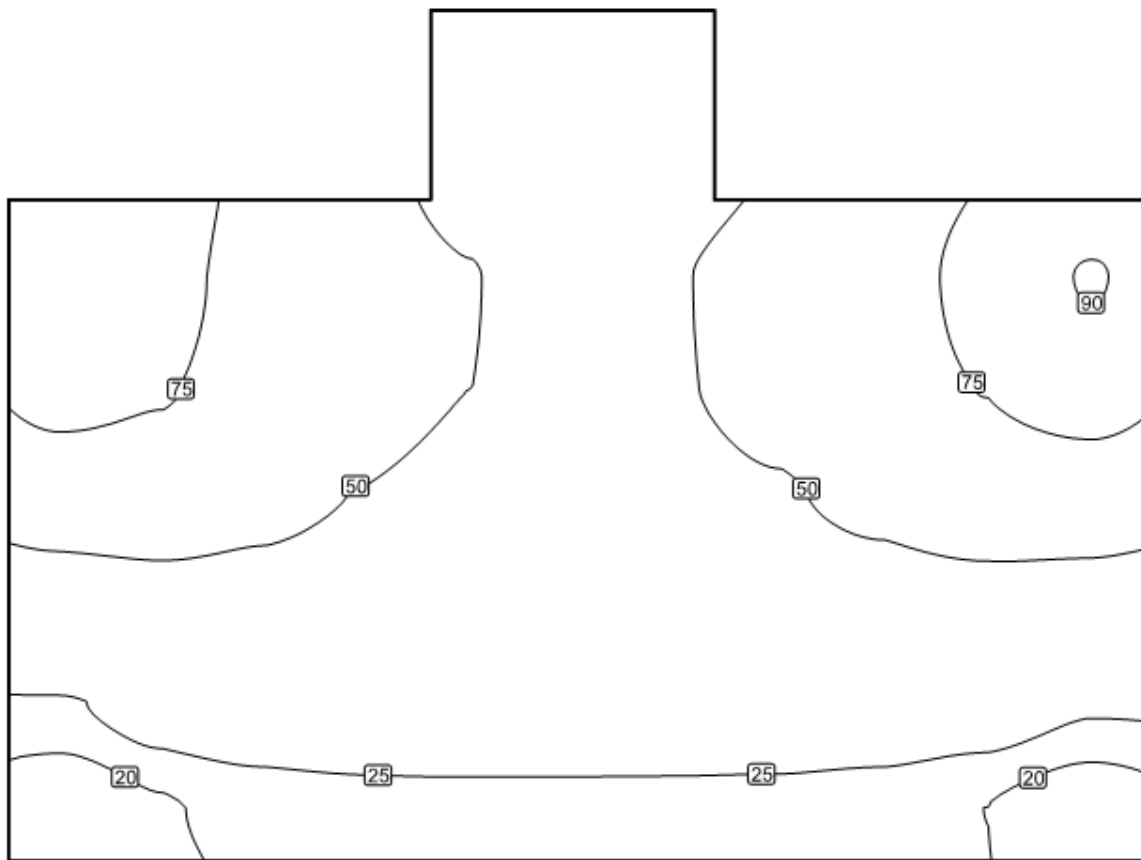
A continuación, se muestran los niveles obtenidos sobre la fachada, los cuales fueron favorables y cumplieron con la normativa:

Tabla 7-3 Resultado fachada

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Superficie de cálculo 1	Iluminancia perpendicular [lx] Altura: 5.750 m	45.4	15.4	90.6	0.34	0.17

En las siguientes imágenes se muestra el modelo simple en 3D, en donde los proyectores están situados sobre los edificios vecinos, aunque estos no aparezcan por simplificación. También se muestra la distribución de la iluminancia en isolíneas:

Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 75

Figura 7-6 Isolíneas fachada

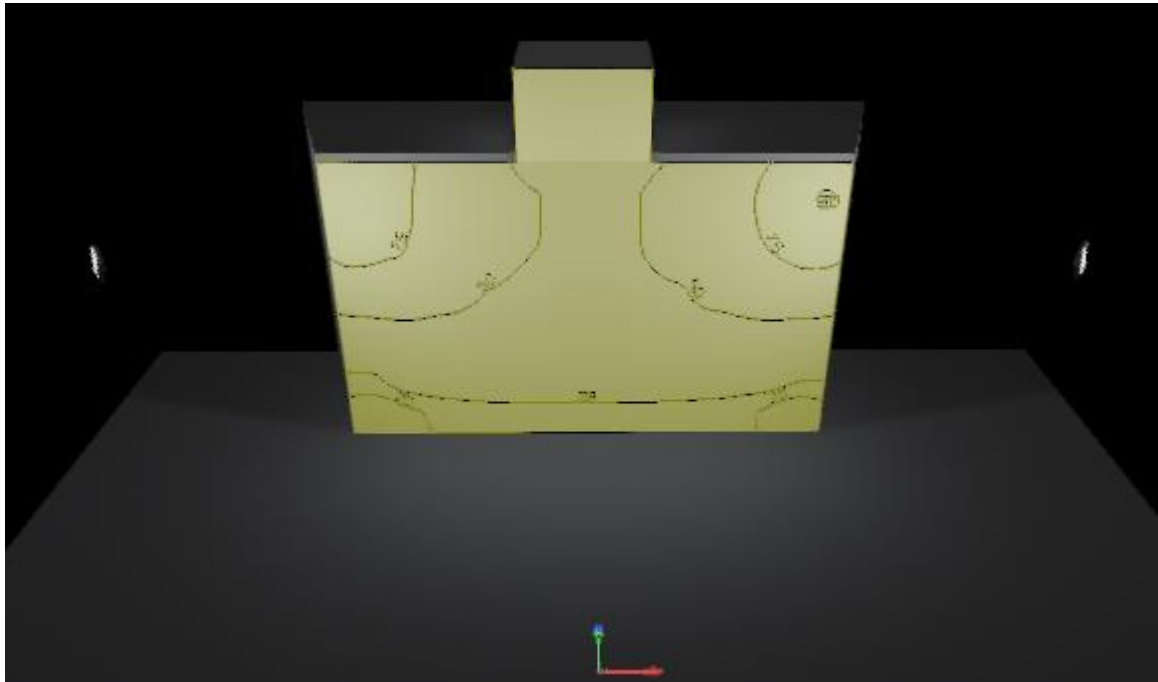


Figura 7-7 Modelo 3D simplificado de la fachada

7.3. Plaza Marqués de Villavelviestre

Se trata de una pequeña plaza que hace esquina con el paso de la SE-639 a su entrada por Huévar por el noreste con las calles Amante Laffon y calle La Fuente. Esta a pocos metros de la anterior plaza analizada.

Tiene un tamaño reducido, pero en ella podemos encontrar un bar, bancos para descansar y una pequeña zona circular con vegetación y una gran palmera, además de algunos árboles repartidos por toda la superficie.

Se alumbrará con el mismo modelo de luminaria y con el mismo proceso, pero en este caso al no tener la plaza una forma parecida a una calle como la Plaza de España, las luminarias se distribuirán de manera que se alcance una buena iluminancia media en toda la superficie.

Para realizar un diseño también lo más parecido al anterior y a las calles que la rodean, también se utilizará una altura del punto de luz de 4 metros.

En la siguiente imagen se ve la situación y la superficie de la plaza:

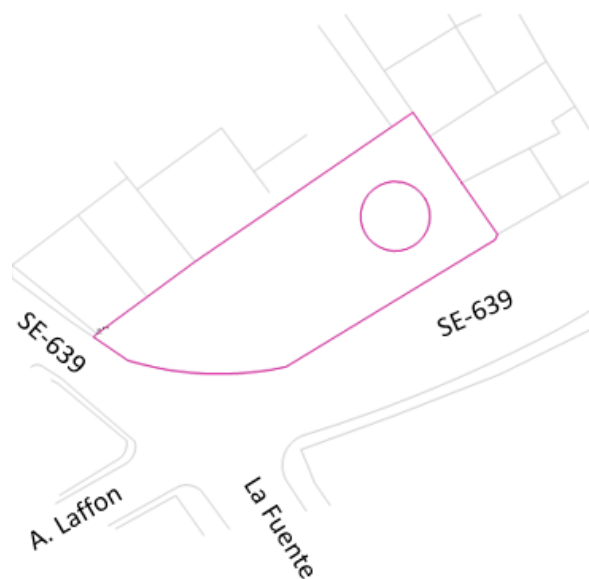


Figura 7-8 Plaza Marqués de Villavelviestre

Se probó primero colocando 4 luminarias, pero no era posible abarcar toda la superficie con el modelo que se ha ido utilizando. La solución adoptada fue un total de 5 luminarias repartidas de manera más o menos uniforme sobre el área. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 7-4 Resultado de superficies

Objetos de resultado de superficies

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1	Objeto de resultado de superficies 2 Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx]	9.23	1.83	19.7	0.20	0.093
	Densidad lumínica [cd/m²]	1.01	0.20	2.16	0.20	0.093

En los que se cumple con la categoría P3. Por último, la distribución de las luminarias y las isolíneas se muestran en las siguientes imágenes:

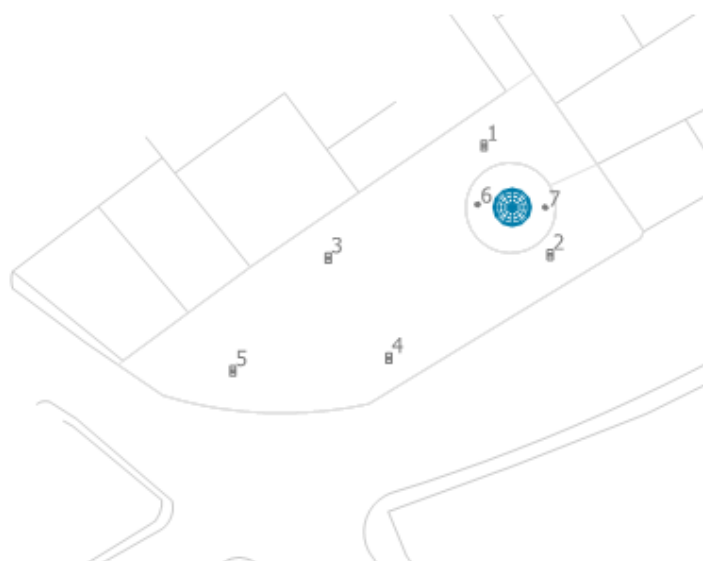


Figura 7-9 Distribución de luminarias.

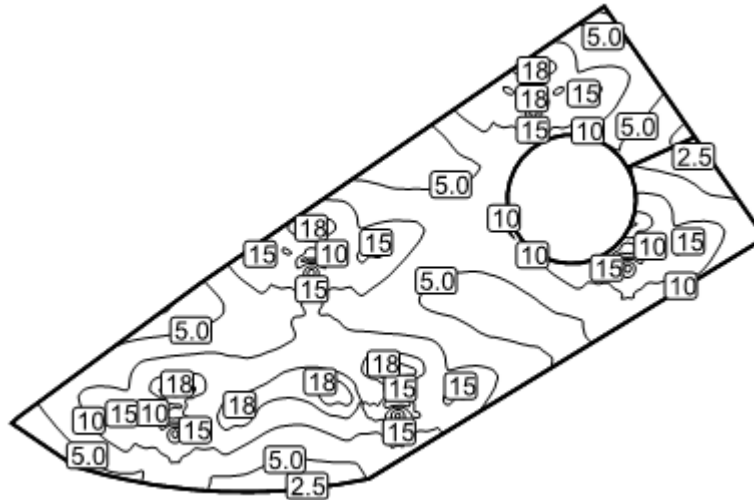


Figura 7-10 Isolíneas.

Las luminarias 6 y 7 que se muestran, consisten en dos pequeños focos utilizados para alumbrar y realzar la gran palmera que existe en la plaza. Estos se han situado en la base a una distancia de 2 metros del tronco en lados opuestos y con cierta inclinación hacia el árbol. De esta manera se consigue un efecto contrario al de la luz solar que proviene de arriba, por lo que se consigue alumbrar las hojas de una forma diferente y llamativa.

Del mismo modo que en la anterior plaza calcularemos la eficiencia energética:

Teniendo una superficie de 470 m², una potencia total de 105 W e iluminancia media de 9.23 lx, luego:

$$\varepsilon = S \cdot E_m / P = 470 \cdot 9.23 / 105 = 41.32 \text{ (m}^2 \cdot \text{lux/W)}$$

Es un valor correcto luego obtenemos la etiqueta y el índice con un valor de referencia de 8.75 de la tabla 11:

$$I_\varepsilon = \varepsilon / \varepsilon_R = 41.32 / 8.75 = 4.7$$

$$ICE = 1 / I_\varepsilon = 1 / 4.7 = 0.213$$

Por tanto, según las tablas 12 y 13 volvemos a obtener una etiqueta A.

En el ANEJO II se recogen los detalles de los resultados para las plazas.

8 ALUMBRADO DEPORTIVO

En este apartado se tratará el San Sebastián Huévar Estadio que está situado al suroeste de la localidad. En las instalaciones también existe una pista de baloncesto que hace las veces de pista de tenis. Se propondrá un alumbrado que permita la perfecta utilización de ambas en ausencia de luz natural.

Se trata de una pista de césped artificial de fútbol once. Las medidas del campo son de 97 metros de largo por 60 de ancho y tiene un margen de 2.5 metros desde las bandas y el fondo hasta las vallas que lo delimitan.

La de baloncesto tiene unas medidas de 39 metros de largo por 20 de ancho. Esta pista dispone de unos orificios donde se pueden colocar los soportes de una red de tenis. Como las dimensiones de la pista de baloncesto son mayores que las necesarias para el tenis y es el deporte que mayoritariamente se practica, se dimensionará el alumbrado para las medidas de baloncesto.

A continuación, se muestra un esquema en planta de las instalaciones:

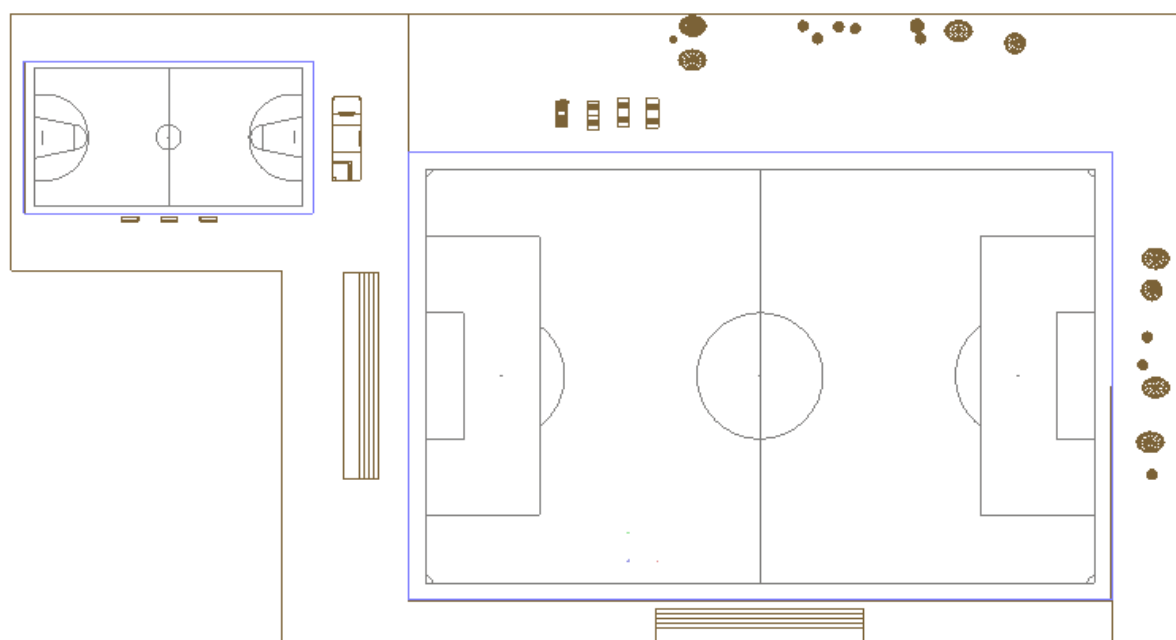


Figura 8-1 Planta de instalaciones deportivas

Para realizar los cálculos del alumbrado de ambos campos se acude a la norma UNE-EN 12193 Iluminación de Instalaciones Deportivas [9], de la que extraemos lo siguiente:

La norma trata de la iluminación de instalaciones deportivas para asegurar unas buenas condiciones visuales para jugadores, atletas, árbitros, espectadores y retransmisión por cámaras de TV en color.

Es específica para los acontecimientos deportivos de interior y exterior más practicados en Europa. Proporciona valores de alumbrado para el diseño y control de los sistemas de alumbrado de instalaciones deportivas en términos de iluminancias, uniformidad, limitación del deslumbramiento y propiedades de color de las fuentes de luz.

Para los propósitos de esta norma se aplican las siguientes definiciones:

- Área principal (PA): El área de juego real necesaria para la práctica de un cierto deporte. Normalmente esto significa el área de “campo” real marcada para ese deporte (por ejemplo, fútbol), pero en algunos casos esta área comprende un área de juego extra alrededor del área marcada (por ejemplo, tenis).
- Área total (TA): Generalmente esta área comprende el área principal (PA) más un área de seguridad adicional fuera del área principal.
- Área de referencia: El área definida para deportes en los que se aplican las exigencias de alumbrado principales que incluyen las líneas de marcación y cualquier área extra alrededor del área marcada.
- Puntos de cuadrícula para medición y cálculo: Disposición de los puntos de cálculo y medición y su número en cada dimensión del área de referencia.
- La cuadrícula de cálculo es definida a fin de verificar el funcionamiento especificado de una nueva instalación.

Especificaciones de la norma que afectan a los deportes que se pueden practicar en las instalaciones:

- La iluminación del área de espectadores. Para el confort visual de los espectadores, más que por razones de seguridad o emergencia, el nivel de alumbrado debe ser al menos de 10 lux.
- Limitación del deslumbramiento. El deslumbramiento debe limitarse para impedir una reducción de las prestaciones visuales. En instalaciones de exterior, se aplican los valores de deslumbramiento (GR) usados en las tablas de requisitos del anexo A de la norma. El valor de deslumbramiento debe calcularse para posiciones del observador y ángulos de visión acordados.

La norma establece tres clases de alumbrado:

- Alumbrado clase I: Competición del más alto nivel, tal como competición internacional y nacional que implicará generalmente mayores capacidades de espectadores con distancias de visión potencialmente largas. El entrenamiento de muy alto nivel puede incluirse también en esta clase.
- Alumbrado clase II: Competición de nivel medio, tal como competición regional o de club local que implica generalmente capacidades de tamaño medio de espectadores con distancias de visión medias. El entrenamiento de alto nivel se puede incluir también en esta clase.
- Alumbrado clase III: Competición de bajo nivel tal como competición local o de un club pequeño que generalmente no implica espectadores. El entrenamiento general, la educación física y actividades recreativas también se incluyen en esta categoría.

El campo de fútbol pertenece a un club de fútbol pequeño (en tercera división andaluza Sevilla), que también es usado por niños, jóvenes y aficionados, por lo que se diseñará para uno de tercera clase.

Tabla 8-1 Tabla 2 Norma UNE-EN 12193 [9]

Nivel de competición	Clase de alumbrado		
	I	II	III
Internacional y nacional	*		
Regional	*	*	
Local	*	*	*
Entrenamiento		*	*
Recreativo/deportes escolares (Educación física)			*

En la tabla 2 de la norma se indica a que tabla se debe acudir para verificar los requisitos necesarios para cada deporte. Tanto como para baloncesto como para fútbol debemos atender a la tabla A.21.

La norma hace hincapié en la eventualidad de que se vayan a grabar los deportes para la televisión. No es el caso de este club.

En la siguiente tabla se muestran los requisitos que debe cumplir el alumbrado:

Tabla 8-2 Requisitos norma 12193, tabla A.21 [9]

Exterior			Área de referencia		Números de puntos de cuadrícula	
			Longitud m	Anchura m	Longitud	Anchura
Baloncesto	PA:		28	15	13	7
	TA:		32	19	15	9
Balonmano	PA:		40	20	15	7
	TA:		44	27,5	15	9
Fistball	PA:		50	20	17	7
	TA:		66	32	17	9
Floorbol	PA:		40	20	15	7
	TA:		43	22	15	7
Fútbol	PA:		100 a 110	64 a 75	19 a 21	13 a 15
	TA:		108 a 118	72 a 83	21	13 a 15
Fútbol americano	PA:		110 a 117,5	55	21	9 a 11
Netball	PA:		30,5	15,3	13	7
	TA:		37,5	22,5	15	9
Rugby	PA:		144	69	23	11
	TA:		154	79	23	11
Voleibol	PA:		24 (véase nota 1)	15	13 (véase nota 1)	9
Clase	Iluminancia horizontal				GR	Índice de rendimiento de color
	E_{med} lux	E_{min} / E_{med}				
I	500	0,7			50	60
II	200	0,6			50	60
III	75	0,5			55	20

NOTA 1 – Para la Clase I, la competición internacional en el nivel máximo puede justificar una longitud de 34 m para el área principal (PA). El número correspondiente de puntos de cuadrícula en longitud es entonces de 15.

Vemos que los requisitos para ambos deportes son: valores mínimos de iluminancia media horizontal de 75 lux e iluminancia horizontal mínima entre iluminancia horizontal media de 0.5, valores de deslumbramiento como máximo de 55 e índice de rendimiento de color de 20.

Para ambas pistas se va a utilizar la siguiente luminaria de Philips:

Clearflood Large BVP651 T25 1 xLED800-4S/757 DX50



Figura 8-2 Luminaria Clearflood Large

Las características son las siguientes:

- Flujo: 80000 lm
- Potencia: 540 W
- Temperatura de color: 5700
- Índice de reproducción cromática: 70

Los cálculos se realizaron primero en una pista (manteniendo las luminarias de la otra apagada) y luego los de la otra de igual manera. Posteriormente, se obtuvieron los resultados de ambos alumbrados funcionando a la vez, ya que al estar próximas la una a la otra, puede darse el caso de que afecte considerablemente a los resultados.

8.1. Pista de fútbol

Empezaremos con la pista de fútbol. Para ello se define el área principal como las medidas del campo (97x60 m.) y el área total como (102x65 m.).

Se ha tratado de alcanzar los requisitos exigidos por la norma utilizando el menor número de luminarias.

Para los cálculos, se ha utilizado también el software DIALux. Con el propio programa se ha creado un modelo básico en 3D de las instalaciones sobre el que realizar las comprobaciones.

Inicialmente se creó una cuadrícula sobre el campo que incluye los puntos especificados en la norma. Posteriormente, se fueron probando número y lugar de colocación de las luminarias hasta que se encontró una relación que cumplía perfectamente los requisitos de la norma para la clase III.

La solución que se adoptó fue un total de 16 luminarias distribuidas en 8 báculos, es decir, 2 luminarias por báculo. Al ser un área tan extensa para iluminar, se requiere colocar los puntos de luz a una altura bastante elevada, que permita que el flujo llegue hasta puntos más alejados, como pueden ser aquellos en la parte más céntrica del campo. Se optó por una altura de 15 metros. Para las posiciones de los báculos, teniendo en cuenta esta altura, primero se ensayó una solución con un número reducido de 4 postes situados de manera simétrica en las esquinas del campo y con el mismo número de luminarias, es decir, 4 por postes. Con estas posiciones se probaron distintas orientaciones de las luminarias, pero no se conseguía una buena uniformidad, ya que había una gran diferencia en la iluminancia entre distintos puntos, incluso existiendo puntos en los que la iluminancia mínima estaba por debajo de la exigida en la normativa. Por tanto, se intentó la solución finalmente adoptada que consistía en colocar otros 4 postes en los laterales del campo y más centrados y conseguir así con la orientación adecuada, mejorar la uniformidad y la superación de la iluminancia mínima en todos los puntos.

Para medir los valores de deslumbramiento se colocaron varios observadores (en este caso serían jugadores de fútbol) aleatoriamente distribuidos por el campo y se comprobó que no superaban los valores establecidos.

En la representación en planta que se muestra a continuación se puede apreciar la cuadrícula, la posición y orientación de las luminarias (posición respecto a las esquinas del campo de juego) y los observadores/jugadores (puntos verdes) distribuidos por el campo:

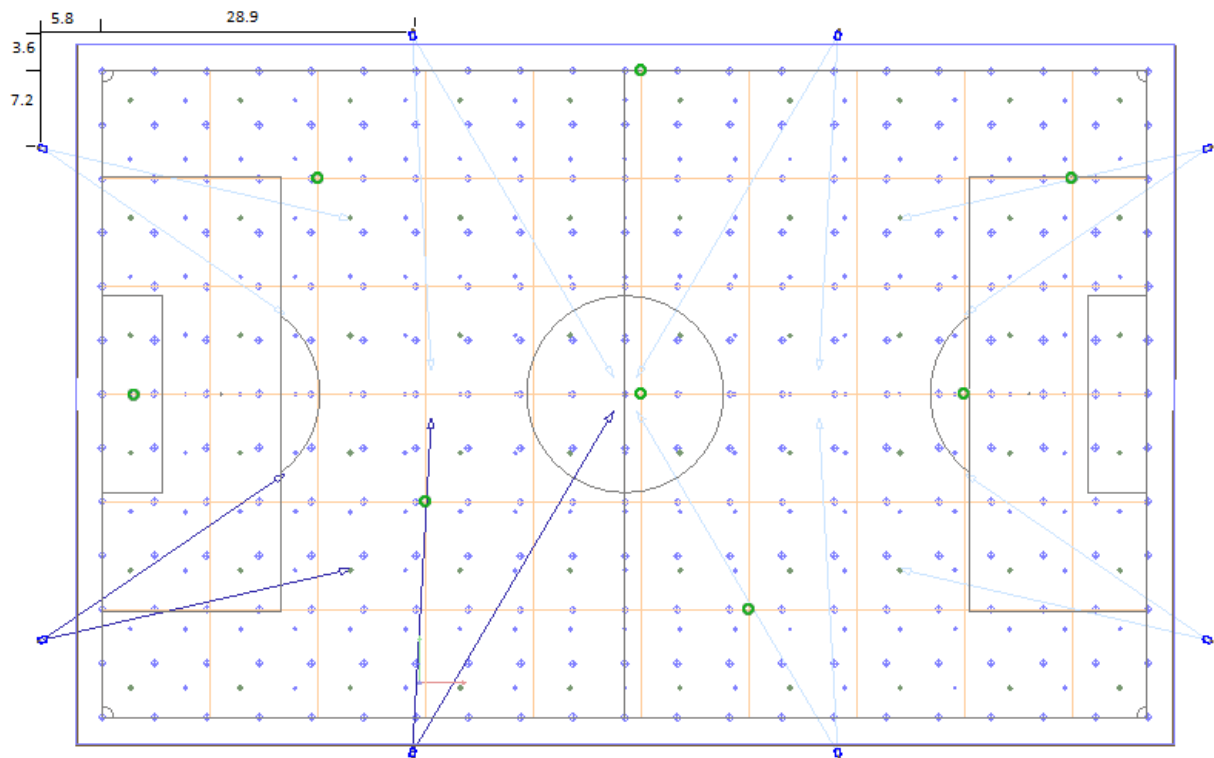


Figura 8-3 Posición de luminarias

Con estas posiciones de las luminarias se han obtenido los resultados mediante DIALux de la iluminancia horizontal que es la que exige la normativa. Son los siguientes:

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
75	56	101	0.74	0.55

Siguiendo la normativa se verifica que los resultados obtenidos son positivos. En las zonas donde existen unas pequeñas gradas los valores están en torno a los 25 luxes, por lo que también cumple esta especificación de la normativa que exige una media de 10 luxes. Falta comprobar los valores de deslumbramiento. A continuación, se muestra unas imágenes de la distribución de isolíneas y otra de los valores representados en escala de grises (todos los valores están en luxes):

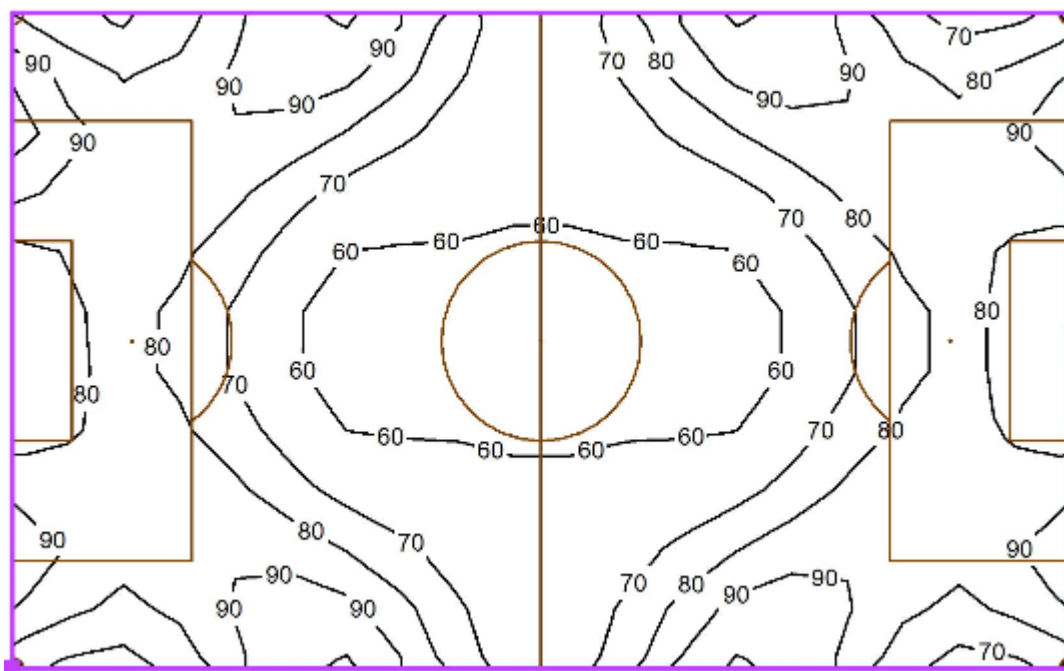


Figura 8-4 Isolíneas Campo de Fútbol

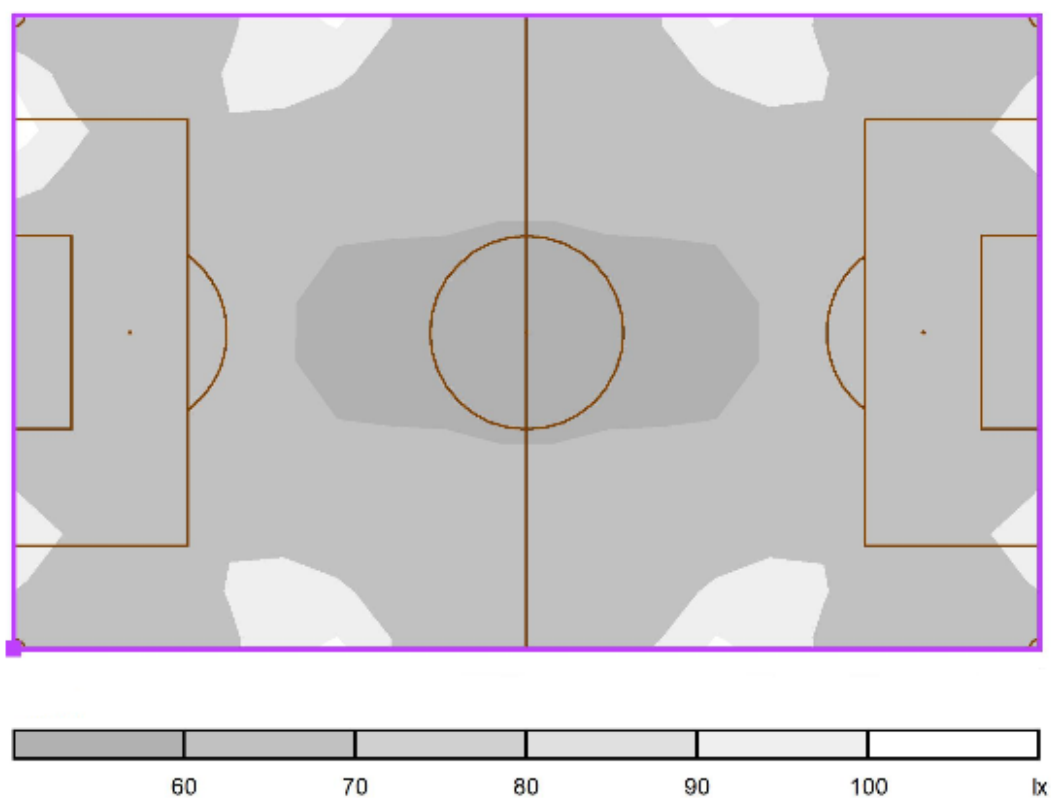


Figura 8-5 Escala de grises campo de fútbol

Para medir los valores de deslumbramiento usamos los observadores. Estos dan el valor en el punto donde están situados. Se distribuyeron 8 de manera aleatoria por distintos puntos del campo y los resultados son los siguientes:

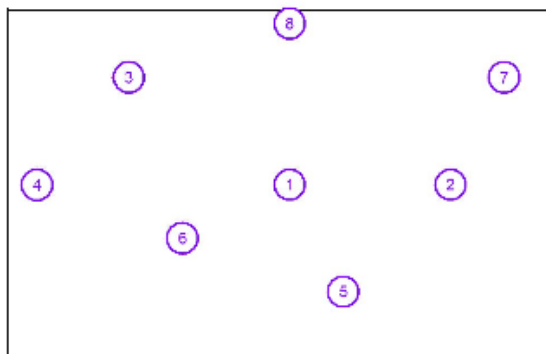


Figura 8-6 Posición observadores

Tabla 8-3 Puntos cálculo GR campo de fútbol

Lista de puntos de cálculo GR

Nº	Designación	Posición [m]			Área del ángulo visual [°]		Inclination	Max
		X	Y	Z	Inicio	Fin		
1	Observador GR 1	20.600	26.800	1.500	0.0	360.0	15.0	35 ²⁾
2	Observador GR 2	50.600	26.800	1.500	0.0	360.0	15.0	34 ²⁾
3	Observador GR 3	-9.400	46.800	1.500	0.0	360.0	15.0	38 ²⁾
4	Observador GR 4	-26.500	26.700	1.500	0.0	360.0	15.0	35 ²⁾
5	Observador GR 5	30.600	6.800	1.500	0.0	360.0	15.0	32 ²⁾
6	Observador GR 6	0.600	16.800	1.500	0.0	360.0	15.0	36 ²⁾
7	Observador GR 117	60.600	46.800	1.500	0.0	360.0	15.0	28 ²⁾
8	Observador GR 118	20.600	56.800	1.500	0.0	360.0	15.0	30 ²⁾

En todos los puntos se obtienen valores por debajo de 55 como indica la norma por lo que son satisfactorios.

8.2. Pista de Baloncesto

A continuación, y del mismo modo se analizará la pista de baloncesto. El área principal es de 39 por 20 metros y el área total de 42 por 22.

Se estableció una cuadrícula con el número de puntos exigidos por la normativa y, en este caso, al ser una superficie bastante más reducida, se disminuyó la altura de los puntos de luz a 10 metros. También, se redujo el número de postes a 4, distribuidos simétricamente en las esquinas de la pista y con solo una luminaria cada uno. Se intentaron distintas orientaciones de las luminarias hasta conseguir una solución en la que ya se conseguía superar la iluminancia mínima en todos los puntos y tener una buena uniformidad. En la siguiente imagen se muestra la posición y orientación de estas, la cuadrícula y la posición de los observadores:

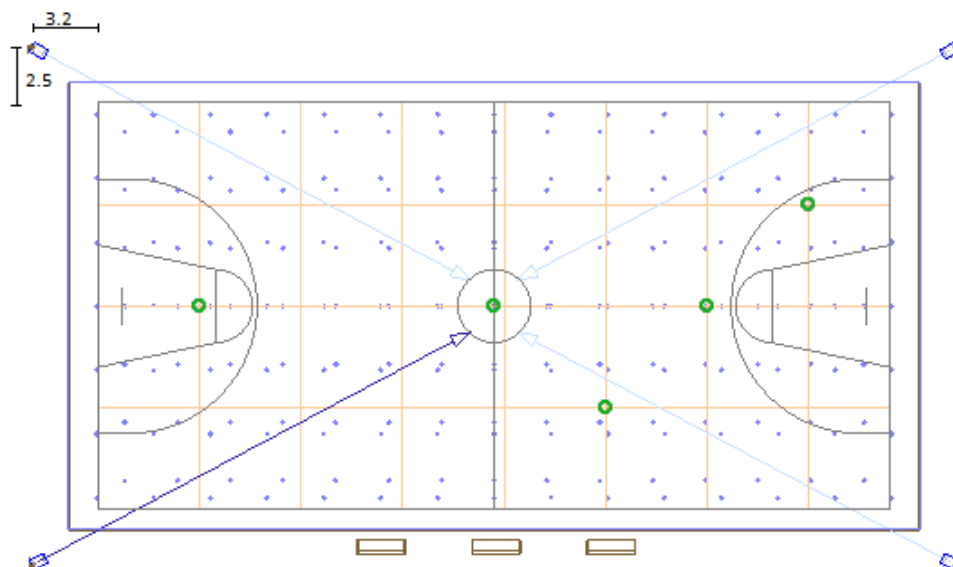


Figura 8-7 Posición de luminarias campo de baloncesto

Los resultados obtenidos con DIALux para estas posiciones son los siguientes:

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
76	64	102	0.83	0.62

Al igual que la de fútbol, los resultados cumplen con la normativa. A continuación, se muestra para esta pista una gráfica de las isolíneas y otra con escala de grises de la distribución de los valores obtenidos:

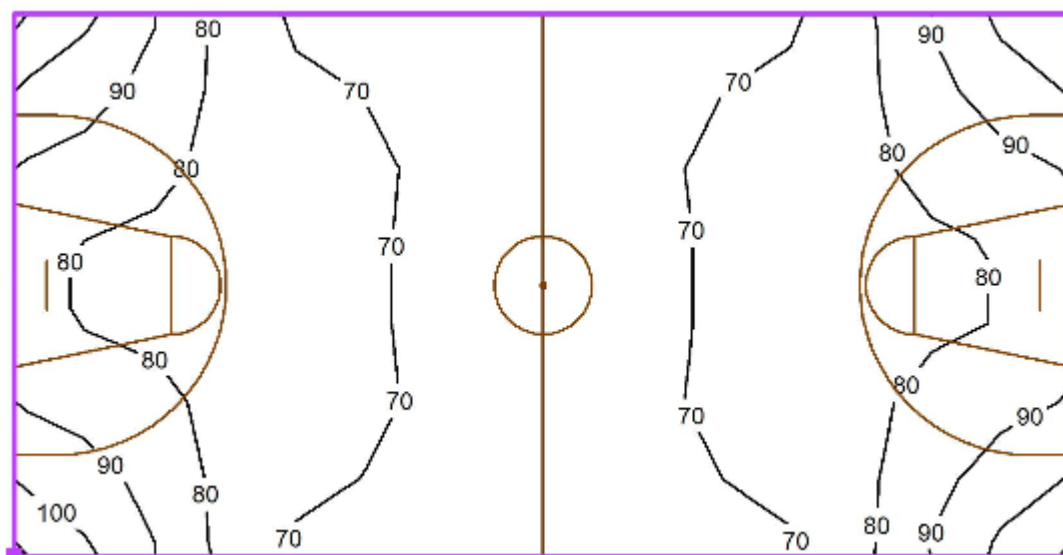


Figura 8-8 Isolíneas campo de baloncesto

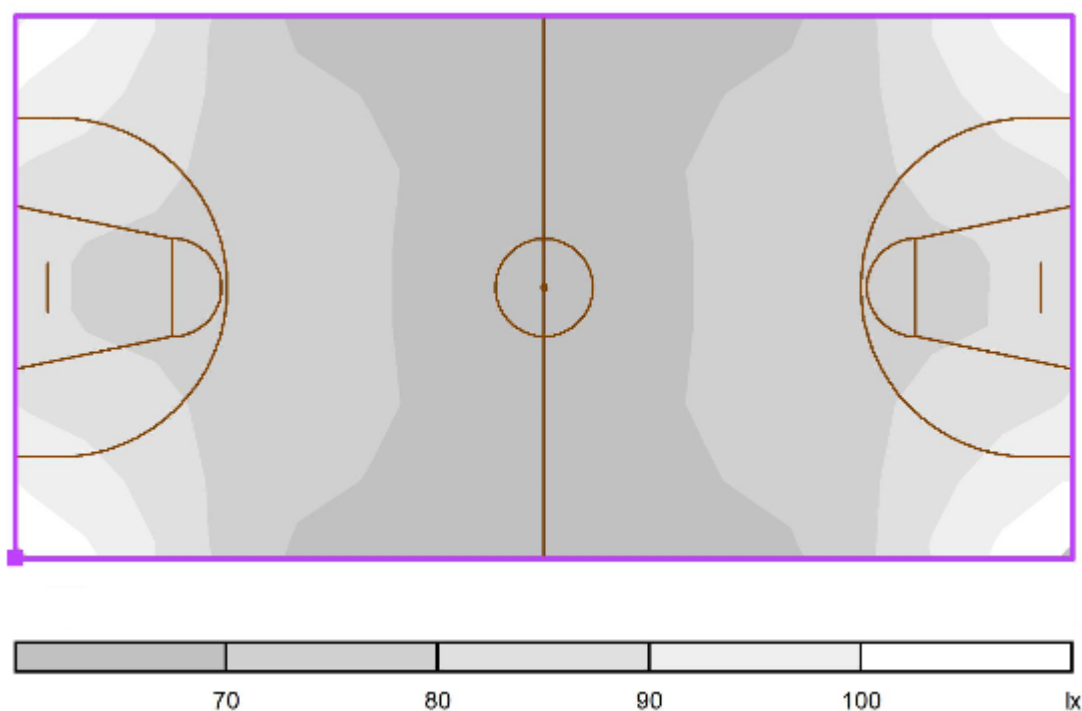


Figura 8-9 Escala de grises campo de baloncesto

Para los valores de deslumbramiento, se procedió de igual manera colocando varios observadores. En este caso 5 como se muestra a continuación:

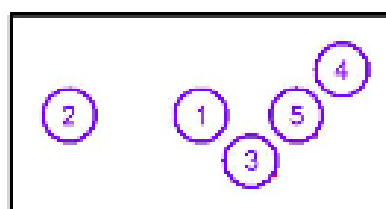


Figura 8-10 Posición observadores

Tabla 8-4 Puntos cálculo GR campo de baloncesto

Lista de puntos de cálculo GR

Nº	Designación	Posición [m]			Inicio	Fin	Área del ángulo visual [°] Amplitud de paso	Inclination	Max
		X	Y	Z					
1	Observador GR 124	-66.663	61.365	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 ²⁾
2	Observador GR 125	-81.163	61.365	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 ²⁾
3	Observador GR 126	-61.163	56.365	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	46 ²⁾
4	Observador GR 127	-51.163	66.365	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 ²⁾
5	Observador GR 128	-56.163	61.365	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	46 ²⁾

Se observa que todos los valores de deslumbramiento obtenidos están por debajo de los 55 que indica la norma, por lo que son resultados positivos.

A continuación, en las siguientes imágenes, se muestra el resultado final del alumbrado en el modelo creado en

3D. En él, están funcionando el alumbrado de ambas pistas a la vez. Los resultados más detallados generados por DIALux se adjuntan en el ANEJO II (alumbrado deportivo) en los que, a pesar de que el alumbrado de ambas pistas incide sobre la otra, el resultado se ve afectado mínimamente y en ningún caso deja de cumplir los requisitos de la norma.



Figura 8-11 Resultado final

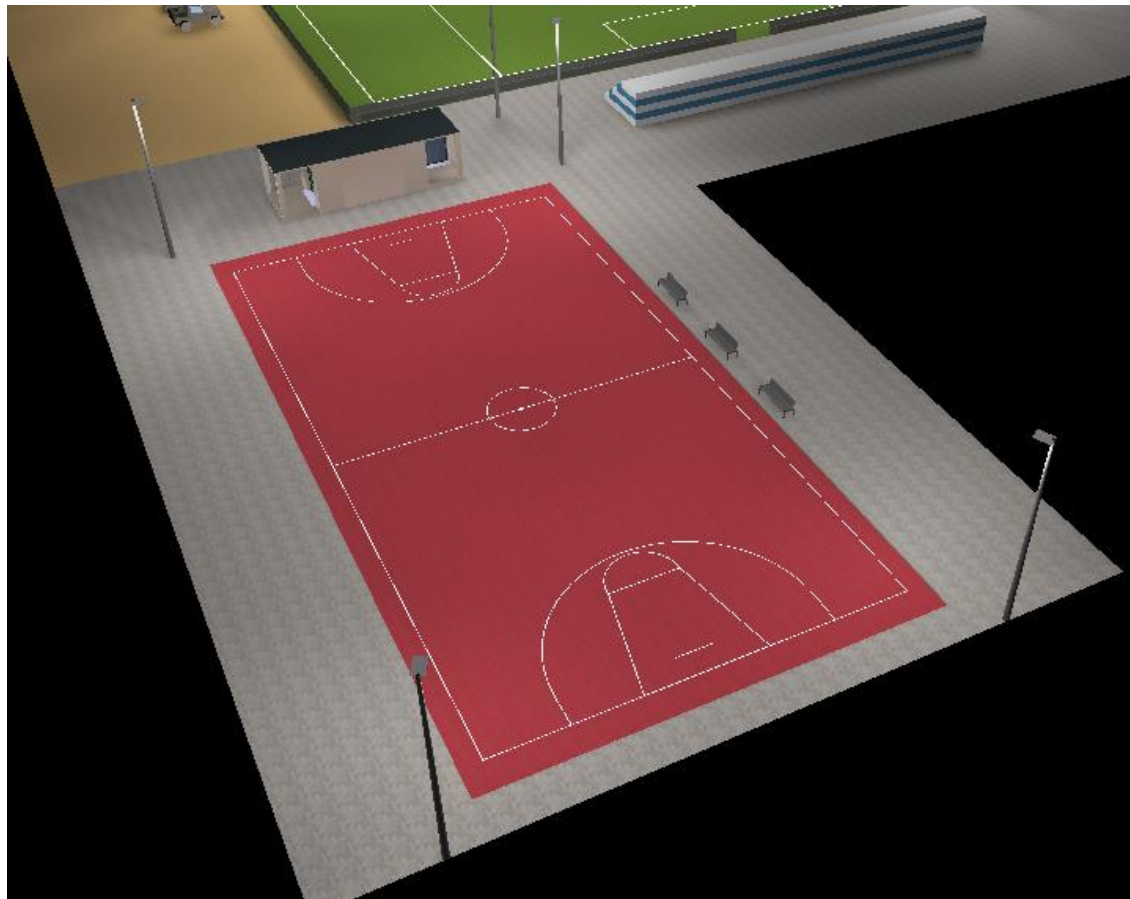


Figura 8-12 Resultado final



Figura 8-13 Resultado final

9 ALUMBRADO DE PARQUES

Para el alumbrado de parques también se utiliza el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior. Este reglamento estima el alumbrado de parques y jardines como alumbrado vial ambiental (se ejecuta a alturas entre 3 y 5 metros).

En concreto, en [1] dentro de la Instrucción técnica complementaria EA-02, Niveles de Iluminación, en el apartado de alumbrados específicos para parques y jardines. Este apartado dice lo siguiente:

“Los viales principales, tales como accesos al parque o jardín, sus paseos y glorietas, áreas de estancia y escaleras, que estén abiertos al público durante las horas nocturnas, deberán iluminarse como las vías de tipo E (tabla 5).”

Es decir, como las vías para peatones. Para los parques que se van a estudiar se les asignará una clase P3 de la tabla 8 que supone una iluminancia horizontal media de 7,50 y mínima de 1,50 lx.

De [2] se obtienen las siguientes recomendaciones a tener en cuenta para el alumbrado de parques:

Se requieren, por lo general, fuentes de luz que proporcionen luz blanca para obtener una buena reproducción cromática (CRI=60), recomendable para áreas donde la visión periférica de los usuarios es importante, por tanto, se recomienda las lámparas de LED blancos.

Se debe diseñar el alumbrado de los parques de modo que se aumente la visibilidad en zonas oscuras. Los peatones deberán poder distinguir obstáculos del camino, los árboles y también los rostros de otras personas que tengan cerca.

Es importante reducir la contaminación luminosa en estas zonas, para ello, se limitarán las emisiones luminosas hacia el cielo, dirigiendo el flujo solamente a la zona que se quiera alumbrar.

También, es conveniente utilizar postes de una altura media, ya que aquellos de altura reducida son más propensos a sufrir actos vandálicos.

Para evitar la contaminación se utilizará la luminaria CityCharm Córdoba de Philips, la cual está apantallada por su parte superior por lo que no emite flujo hacia el cielo. Además, su diseño puede encajar bien en zonas de parque creando un ambiente agradable. A continuación, se muestran las características del modelo escogido:

Philips BDS490 T35 CG20-4s/740



Figura 9-1 Luminaria Philips

Características:

- Flujo: 2080 lm
- Potencia: 16 W
- Temperatura de color: 4000 K
- Índice de reproducción cromática: 70

Se van a estudiar el parque municipal Saharaui y el parque municipal Andalucía.

9.1. Parque municipal Saharaui

Se trata de un parque de unos 3500 m² situado entre la Avda. de la Alegría y un pequeño descampado colindante con las vías del ferrocarril, al sur de la localidad. Dos accesos permiten la entrada desde la avenida de la alegría e incluye diversas zonas como un merendero, juegos infantiles o zonas de paseo y existe también una gran variedad de vegetación y arboleda. Las zonas de paseo están separadas de las superficies de vegetación mediante bordillos direccionados.

Es utilizado por todo tipo de personas, desde niños a mayores, y para todo tipo de actividades. Se frecuenta tanto de día como de noche por lo que, una buena iluminación influye considerablemente en la afluencia de público.

En la siguiente imagen se muestra la planta del parque con la acera de la calle con la que limita. Existen dos entradas y varios caminos de albero que recorren las zonas verdes.

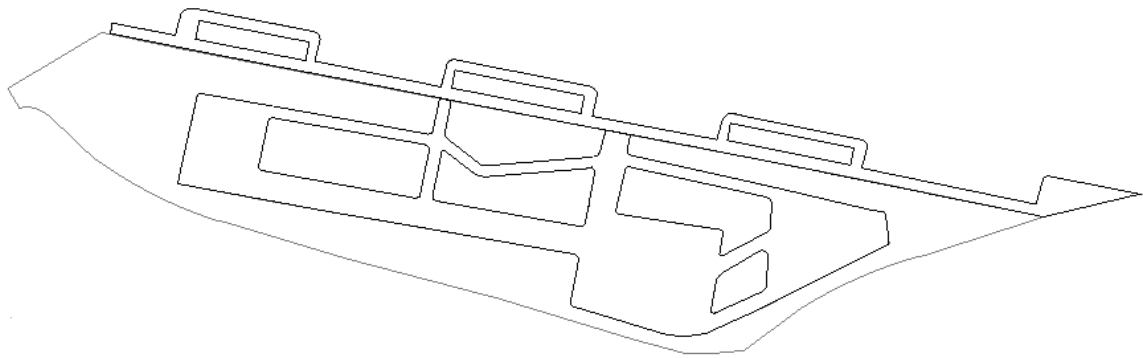


Figura 9-2 Planta del Parque Saharaui

La propuesta de alumbrado para este parque se centra en la iluminación de las zonas que más frecuentan los usuarios, es decir, los caminos para paseo, los juegos infantiles y el merendero.

También, se propondrá un alumbrado más paisajístico centrado en la vegetación para la zona más oeste del parque. Se muestra a continuación una imagen del modelo en 3D, sin alumbrar, para definir la localización de cada zona:



Figura 9-3 Imagen 3D Parque Saharaui

Para facilitar el estudio de las zonas con DIALux, se dividió el área de albero en tres superficies del siguiente modo:

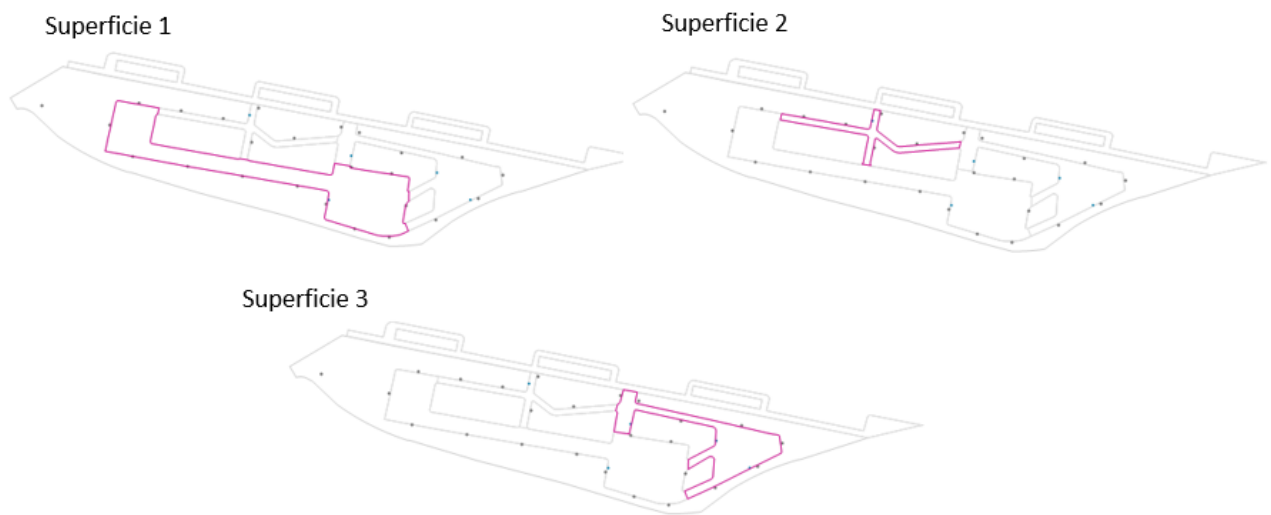


Figura 9-4 Superficies de cálculo Parque Saharaui

Se ha utilizado un total de 24 luminarias repartidas a lo largo de los caminos con distancias entre ellas de entre 10 y 15 metros de separación y distribuidas de forma que se consiguiera una buena uniformidad en todos los puntos de estudio. Se han colocado dentro de las zonas verdes a una distancia de unos 30 centímetros hasta el bordillo de separación con los caminos de albero. Se tuvo especial atención en la iluminación de las entradas colocando dos luminarias próximas a la entrada principal y otra en la entrada secundaria.

Para la altura de los puntos de luz primero se probó con una altura de 3 metros, pero al haber zonas de paseo con gran extensión, los puntos más alejados de los bordillos obtenían una iluminancia por debajo de la mínima exigida. Por tanto, y por utilizar alturas comerciales de los báculos, que suele ir de metro en metro, se optó por la siguiente altura de montaje de 4 metros, que sí ofrecía resultados satisfactorios.

A continuación, se muestra la posición de cada luminaria sobre el plano:

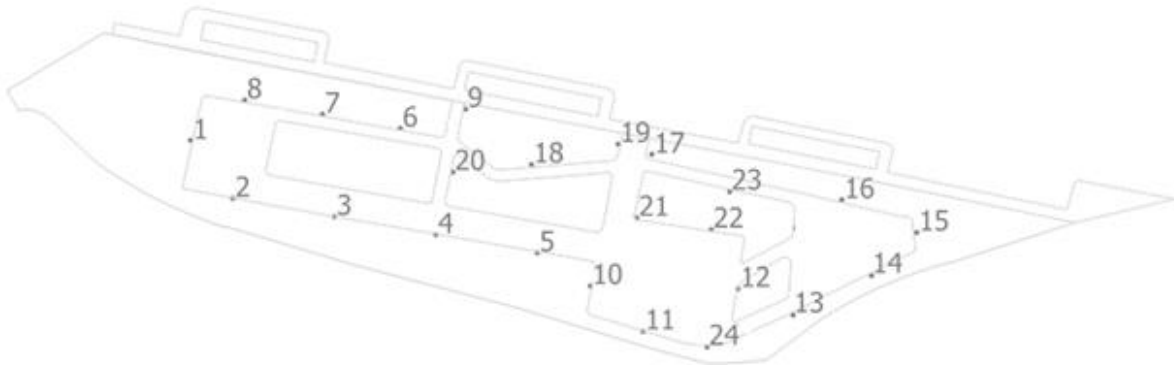


Figura 9-5 Posición de luminarias

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 9-1 Niveles de iluminación obtenidos

Objetos de resultado de superficies							
	Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1	Superficie 1	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx]	8.06	2.20	21.5	0.27	0.10
		Densidad lumínica [cd/m²]	0.95	0.26	2.54	0.27	0.10
2	Superficie 2	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx]	9.70	3.00	20.6	0.31	0.15
		Densidad lumínica [cd/m²]	1.15	0.35	2.43	0.30	0.14
3	Superficie 3	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx]	9.49	3.48	24.5	0.37	0.14
		Densidad lumínica [cd/m²]	1.12	0.41	2.89	0.37	0.14

Se observa que la iluminancia media en las tres superficies está por encima de los 7.5 lx que especifica la normativa para una clase P3. Para el valor mínimo requerido podemos observar que no hay ningún punto por debajo de 1.5 lx.

Quedando las isolíneas (en lx) de cada superficie del siguiente modo:

- Superfície 1:

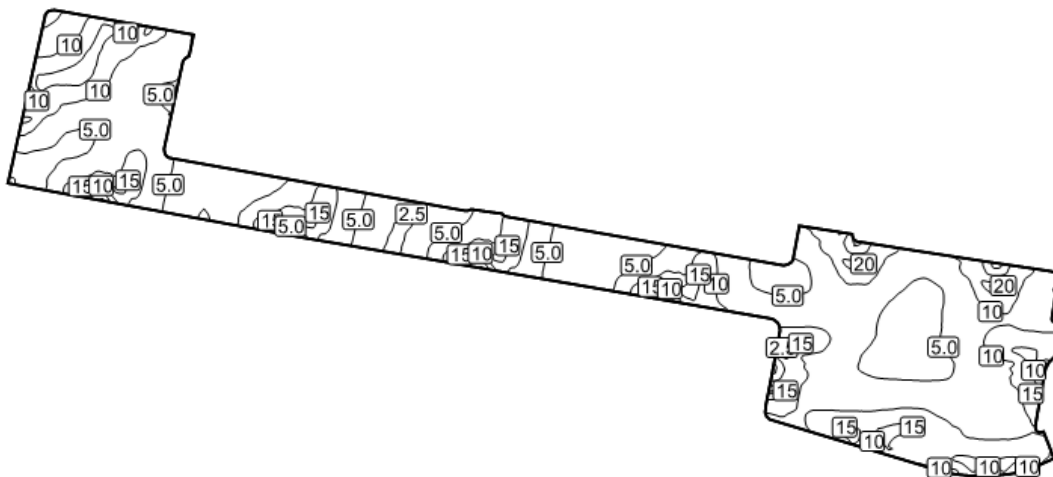


Figura 9-6 Isolíneas superficie 1

- Superficie 2

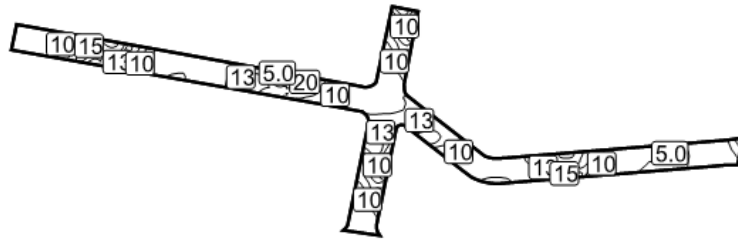


Figura 9-7 Isolíneas superficie 2

- Superficie 3

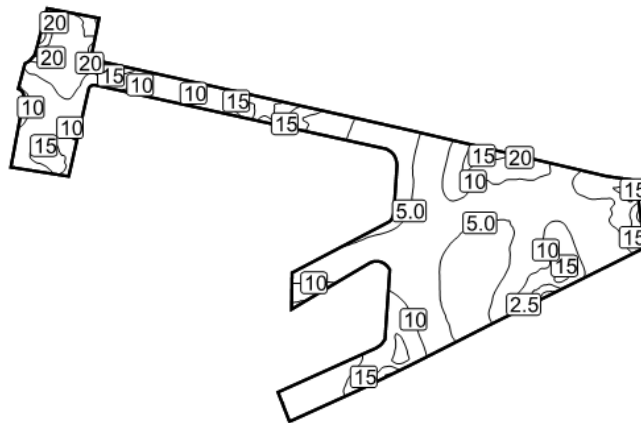


Figura 9-8 Isolíneas superficie 3

El resultado final representado en un modelo 3D queda de la siguiente manera:



Figura 9-9 Resultado 3D

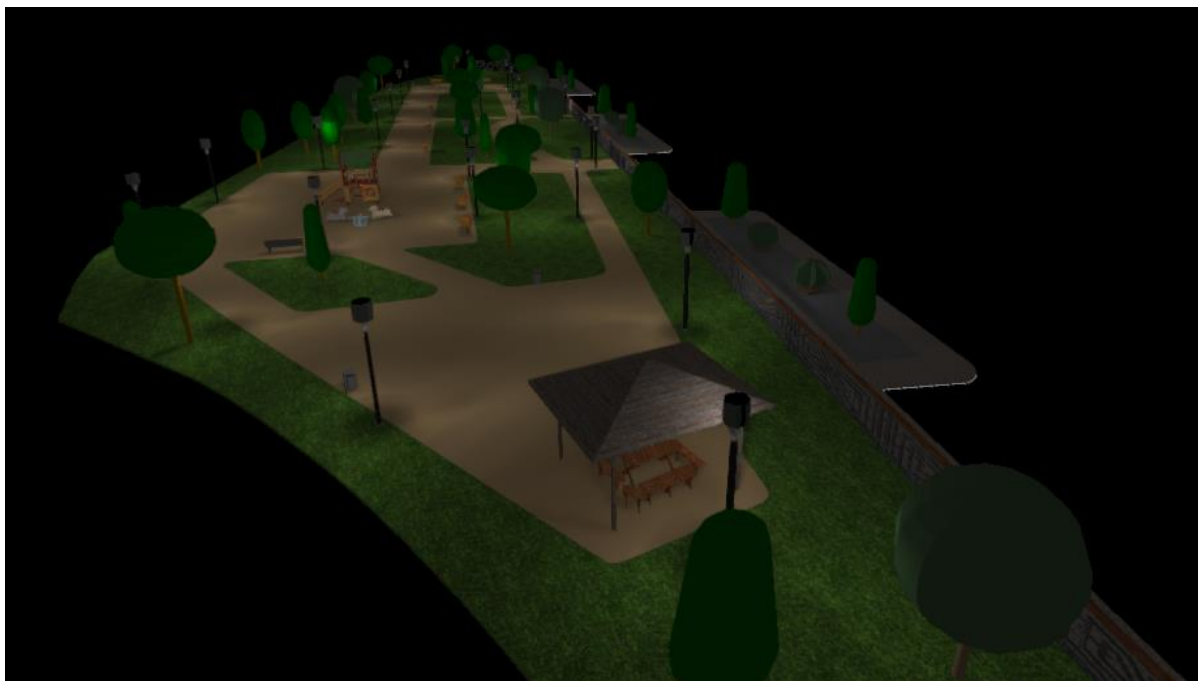


Figura 9-10 Resultado 3D



Figura 9-11 Resultado 3D

Para la zona de mayor vegetación, que además se trata de una zona extensa y profunda, se diseñó un alumbrado para darle un carácter especial a la zona. Al mismo tiempo se trata de evitar el efecto de “agujero negro” que se produce en este tipo de superficies cuando están a oscuras y puede provocar cierta sensación de inseguridad en los usuarios.

Para la iluminación de los árboles de estas zonas, se usarán proyectores difusores situados próximos al tronco o si este es muy grueso algo más separado. Estos se colocarán sobre estacas clavadas en el césped e iluminarán desde abajo para resaltar la figura del árbol. Se tratará de evitar que dirijan el flujo directamente hacia el cielo, centrándolos en el punto deseado, para evitar la contaminación lumínica. En la siguiente imagen se muestra la idea:

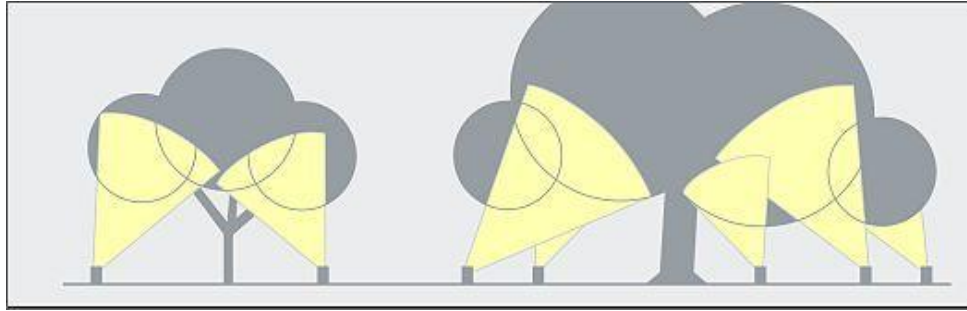


Figura 9-12 Distribución proyectores [13]

La mayoría de los focos se colocarán apuntando desde la zona de paseo hacia el final del parque, ya que los usuarios verán esta zona desde esta perspectiva.

Para los arbustos se colocarán los proyectores en su interior para destacar la silueta de las hojas.

Se buscará una luz con un tono verdoso y que no tenga un flujo muy grande que puede llevar a provocar grandes contrastes. Es preferible el uso de múltiples puntos de luz de pequeña potencia a pocas luminarias de gran potencia.

Se colocaron un total de 7 focos, 2 dentro de las zonas de arbustos y los otros 5 distribuidos para iluminar los árboles. Este es el resultado:

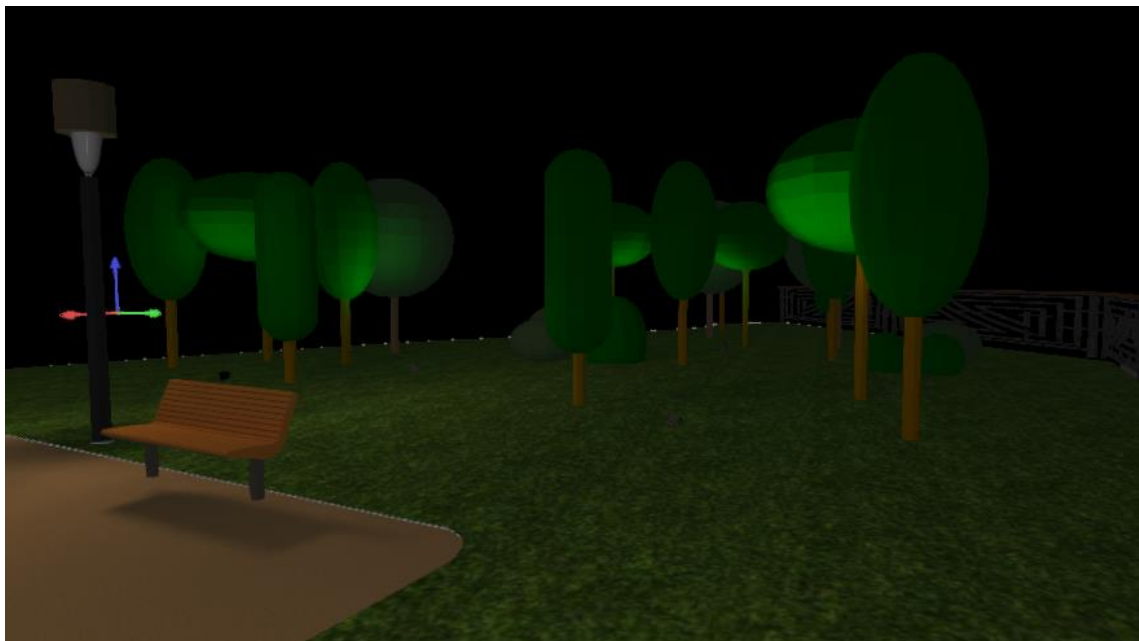


Figura 9-13 Resultado 3D

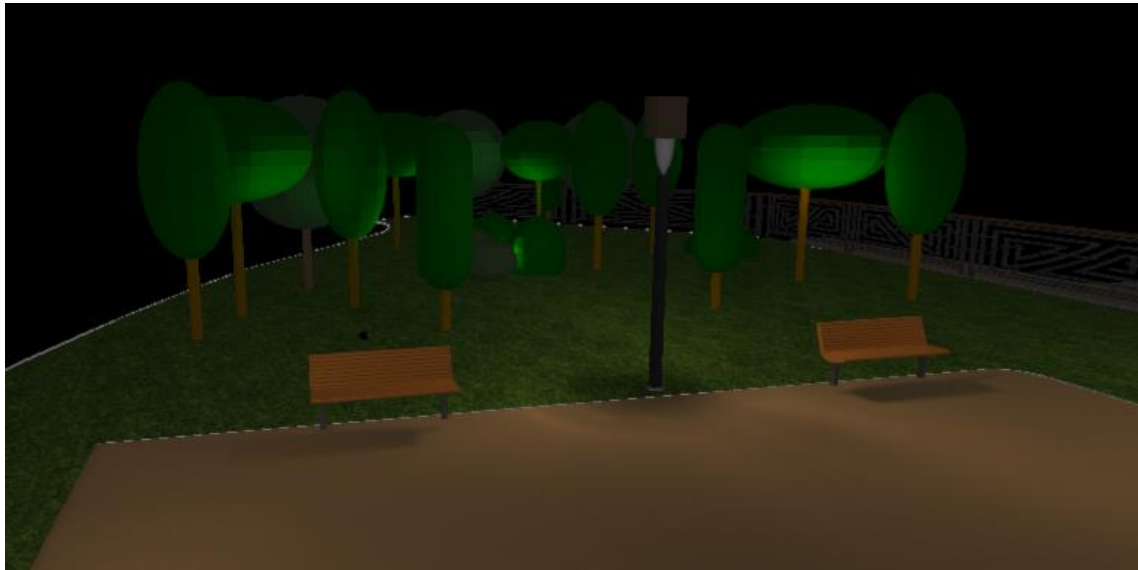


Figura 9-14 Resultado 3D

Eficiencia energética

Al asignarle al parque una clasificación tipo E (vías peatonales), podemos calcular la eficiencia del mismo modo que en el alumbrado de viarios. Debiendo cumplir los requisitos de la tabla 10, que exige una eficiencia mínima en función de la iluminancia media en servicio. En este caso tomaremos la media de los tres valores de iluminancia media de las tres superficies, quedando un total de 9.08 lx.

Procediendo del mismo modo que en los viarios, necesitaremos, además de la iluminancia media, la superficie y la potencia empleada. Para la potencia usaremos la suma de las 24 luminarias dedicadas a alumbrar las zonas de paseo. Sumando una potencia total de 384 W. El área total aproximada de las zonas de albero es de 1200 m².

Luego obtenemos:

$$\epsilon = S \cdot E_m / P = 1200 \cdot 9.08 / 384 = 28.375$$

Comprobando que el valor cumple con los requisitos mínimos especificados.

Para obtener el índice de eficiencia energética necesitamos un valor de la eficiencia de referencia de la tabla 11, obteniéndose un valor ϵ_R de 8.5, luego:

$$I_\epsilon = \epsilon / \epsilon_R = 28.375 / 8.5 = 3.34$$

Por último, el índice de consumo energético se obtiene como la inversa del índice de eficiencia energética:

$$ICE = 1 / I_\epsilon = 0.3$$

Si atendemos a las tablas 12 y 13, comprobaremos que hemos obtenido la etiqueta A, es decir, la más eficiente y con menor consumo.

El diseño propuesto para el parque municipal Saharaui cumple con los requisitos de la normativa para alumbrado de parques y jardines, evita la contaminación lumínica gracias a la luminaria empleada y, además, ofrece una muy buena eficiencia energética y un consumo reducido.

9.2. Parque municipal Andalucía

Se encuentra situado al sur de la localidad, al final de la calle Pilas. También está próximo al otro parque estudiado. Tiene un área aproximada de 2500 m² y dispone de zonas de paseo, de juegos infantiles, superficies vegetadas y un pequeño auditorio. Este consiste básicamente de una grada frente a la cual se representan obras de teatro, conciertos, cine de verano, etc. Las zonas de vegetación están separadas de las de albero (zonas de paseo) por bordillos direccionados.

Al igual que el otro parque, es utilizado por todo tipo de personas y también en horas nocturnas, por lo que requiere de un alumbrado adecuado.

A continuación, se muestra una planta del parque y el modelo esquematizado en 3D:

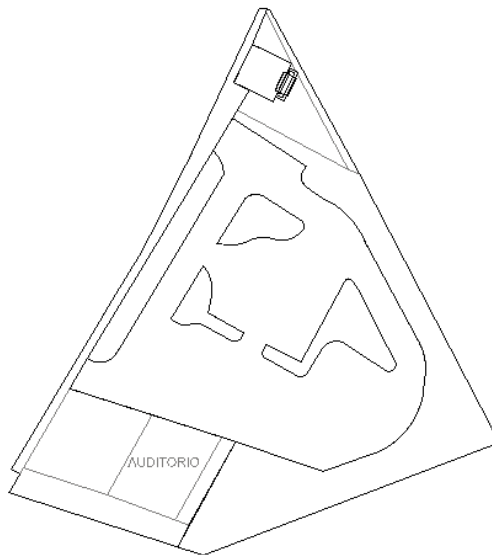


Figura 9-15 Planta Parque Andalucía

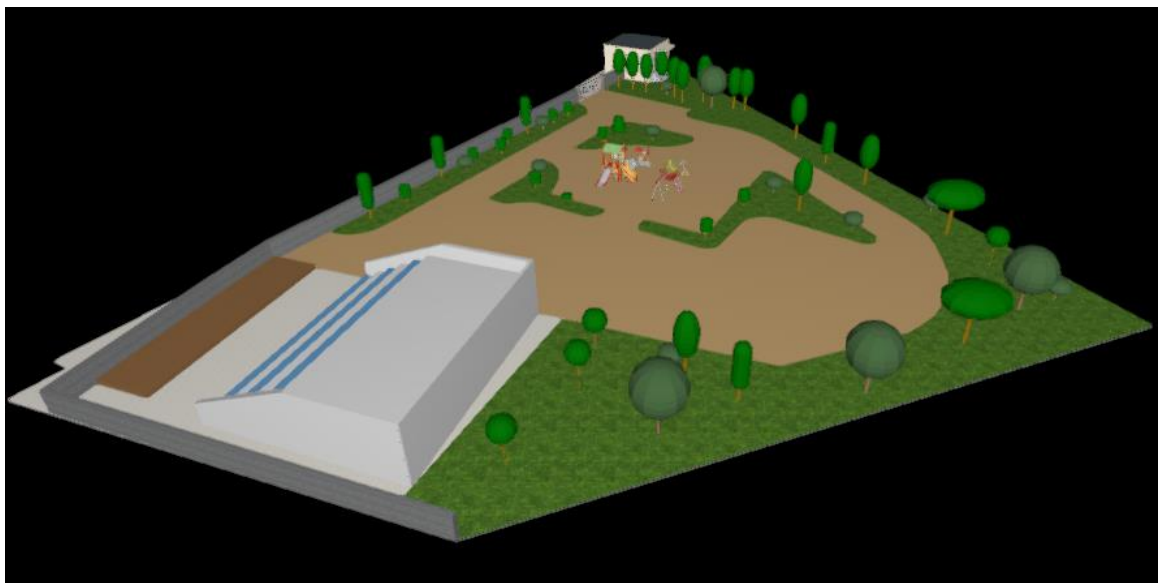


Figura 9-16 Imagen 3D Parque Andalucía

Como en el anterior parque, el estudio se centrará en las zonas que los usuarios más frecuenten. Estas zonas, son más amplias que en el anterior, pero se intentó mantener la misma posición de las luminarias en los bordes entre superficie vegetada y el albero, usando el mismo modelo de luminaria.

Se tratará primero la iluminación del parque y posteriormente se expondrá una solución básica para el alumbrado del pequeño auditorio.

La solución propuesta para el parque consta de un total de 16 luminarias, colocadas a la misma altura de 4 metros que en el anterior parque y distribuidas del siguiente modo, de forma que se consiguiera una buena uniformidad en el alumbrado:

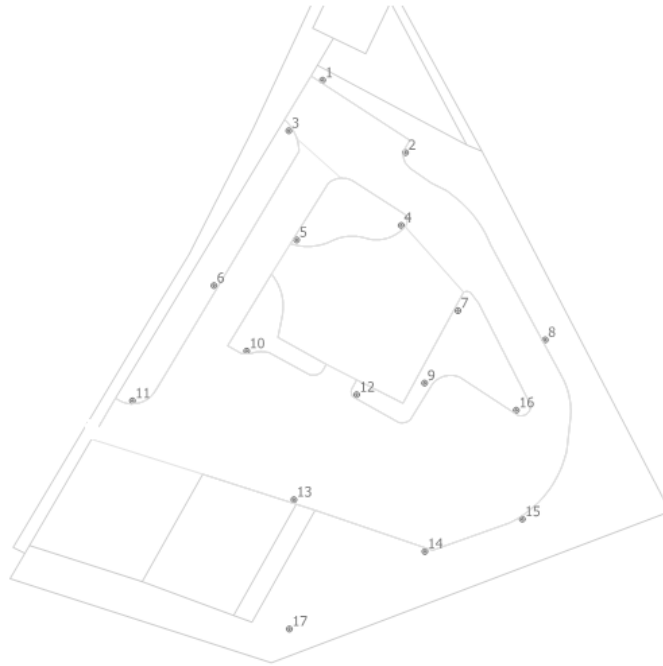


Figura 9-17 Posición de luminarias

También, en este parque, se colocó una última luminaria (la 17) en la zona más extensa de vegetación para evitar el efecto “agujero negro”.

Para facilitar los cálculos en el programa se dividió la superficie de estudio en dos de la siguiente manera:

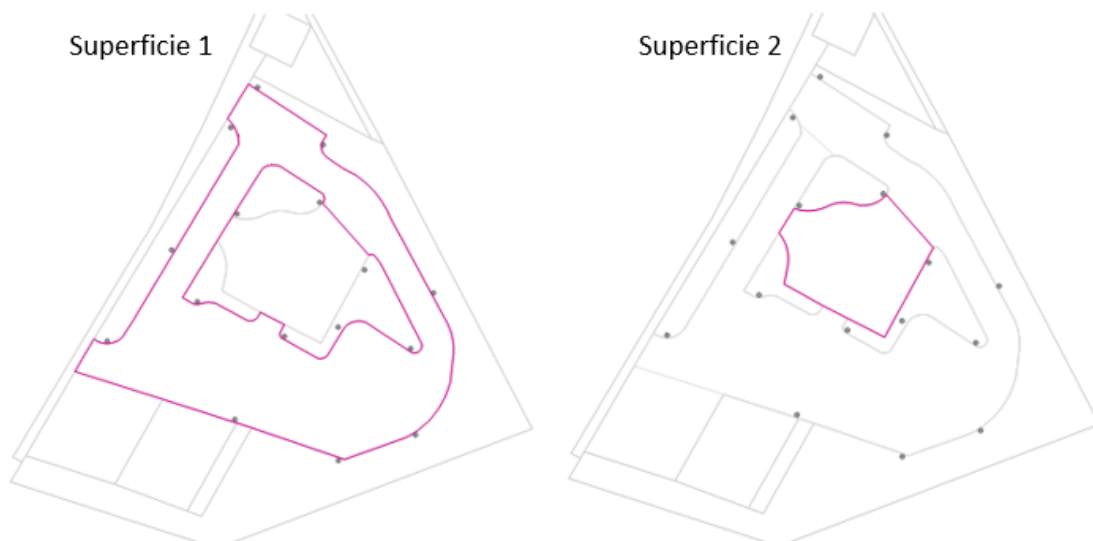


Figura 9-18 Superficies de cálculo

Y los resultados obtenidos para ambas superficies, donde se cumple la iluminancia media mayor de 7,5 lx y la mínima de 1,5 lx de la clase P3 de la normativa, son los siguientes:

Figura 9-19 Niveles de iluminación obtenidos

Objetos de resultado de superficies

	Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1	Objeto de resultado de superficies 1	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx]	8.12	1.84	26.5	0.23	0.069
		Densidad luminica [cd/m ²]	0.96	0.22	3.13	0.23	0.070
2	Objeto de resultado de superficies 2	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx]	9.25	4.42	23.1	0.48	0.19
		Densidad luminica [cd/m ²]	1.09	0.52	2.73	0.48	0.19

En las siguientes imágenes se muestran las isolíneas (en luxes) de las dos superficies. En ellas se puede apreciar los puntos donde existe un mayor nivel, que en este caso es la entrada, lugar en el que se colocaron dos luminarias próximas a la puerta, y donde existen los mínimos, que son en las zonas de mayor extensión entre las superficies vegetadas. Esto sucede porque se quiso mantener las luminarias fuera de las zonas de paseo para evitar convertirlas en un obstáculo.

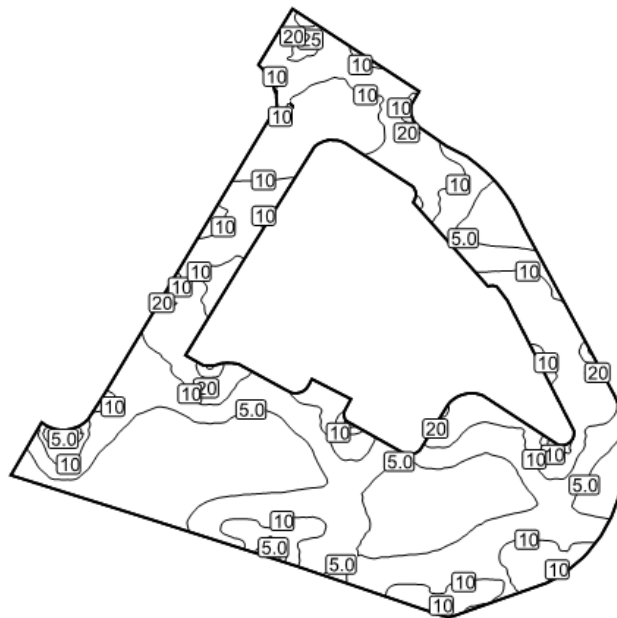


Figura 9-20 Isolíneas superficie 1

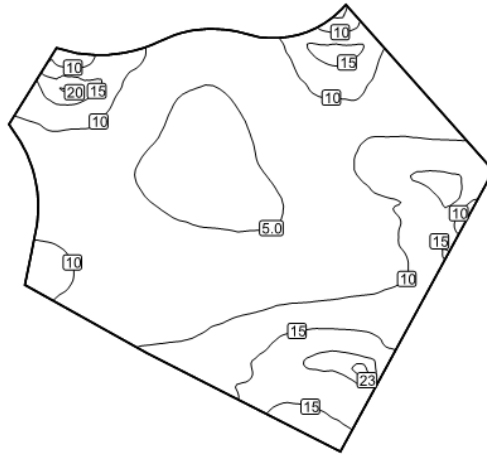


Figura 9-21 Isolíneas superficie 2

La solución que se propuso para el pequeño auditorio no es más que dos pequeños focos (ProFlood) de 50 W y 3750 lúmenes, para alumbrar la zona donde se realizan conciertos, actuaciones, cine, etc. Y pequeñas luminarias led empotrables (Ilti Luce) de 1 W de potencia y 110 lúmenes de flujo colocados en las gradas. Se formaron tres líneas de 15 luminarias (3 por escalón), dos pegadas a cada barandilla y una en la zona central para facilitar la toma de asiento de los espectadores.

Todos ellos deben poder ser regulados manualmente, en el caso de los del escenario para adaptarlos a cualquier espectáculo o ser apagados en caso de cine, por ejemplo. Los de la grada para que sólo permanezcan encendidos en los momentos de acceso y salida.

A continuación, se muestra en el modelo 3D como quedaría de forma aproximada la solución propuesta para el alumbrado de este parque y el auditorio.



Figura 9-22 Resultado 3D



Figura 9-23 Resultado 3D



Figura 9-24 Resultado 3D

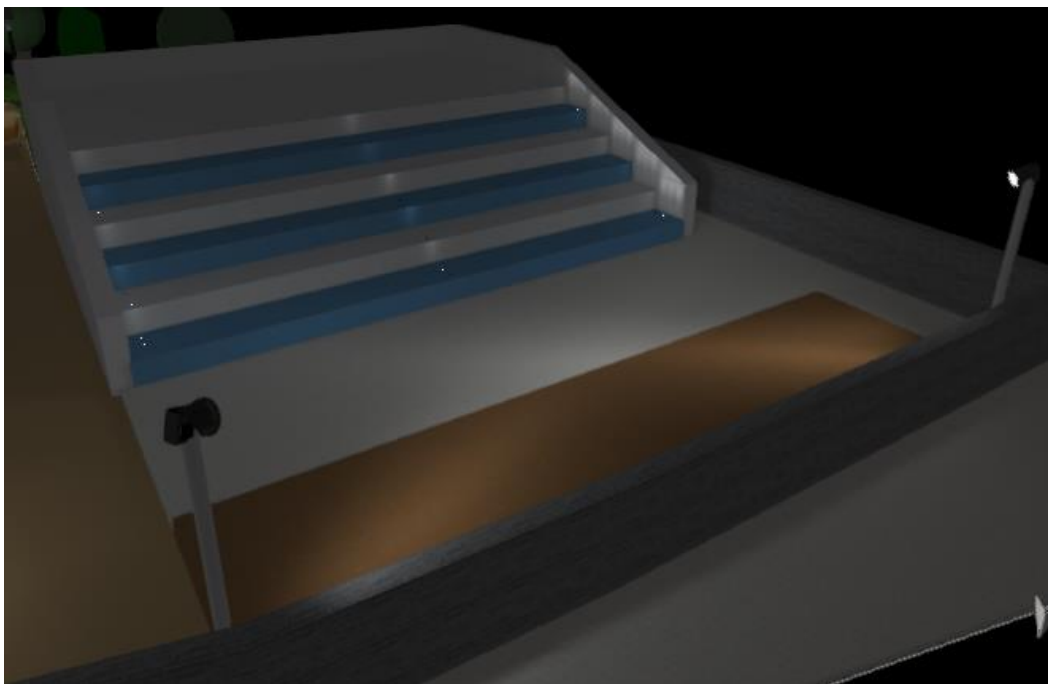


Figura 9-25 Resultado 3D

Se muestra de cerca, por último, como resultaría una de las líneas de led de las gradas ya que es complicado verlo en las anteriores imágenes.



Figura 9-26 Resultado 3D

Eficiencia energética

Se obtuvo del mismo modo que el parque anterior. Es decir, se midió el área aproximada de la zona de estudio (985 m²), se alcanzó una potencia conjunta de las 16 luminarias que actúan (256 W) y con la iluminancia media (8.7 lx) se elaboraron los cálculos:

$$\epsilon = S \cdot E_m / P = 985 \cdot 8.7 / 256 = 33.47$$

Comprobando que el valor cumple con los requisitos mínimos especificados en la tabla 10

Para obtener el índice de eficiencia energética necesitamos un valor de la eficiencia de referencia de la tabla 11, obteniéndose un valor ϵ_R de 8.5, luego:

$$I_\epsilon = \epsilon / \epsilon_R = 33.47 / 8.5 = 4.06$$

Por último, el índice de consumo energético se obtiene como la inversa del índice de eficiencia energética:

$$ICE = 1 / I_\epsilon = 0.246$$

Si atendemos a las tablas 12 y 13 comprobaremos que se ha obtenido la etiqueta A, es decir, la más eficiente y de menor consumo. Cabe decir que, aunque el diseño está centrado en alumbrar los caminos, también es óptimo para alumbrar adecuadamente casi en su totalidad la superficie vegetada, luego el área sería mayor y se lograría una eficiencia incluso mejor que la calculada.

Como se viene observando, la buena eficiencia se debe principalmente a la tecnología LED que permite alumbrar las mismas extensiones que otras tecnologías, pero utilizando mucha menos potencia.

En el ANEJO II se recogen los detalles de los resultados para el alumbrado de los parques.

10 CONSUMO ELÉCTRICO

Se realizó el cálculo del consumo eléctrico de todo el alumbrado propuesto en el estudio. Para ello, se obtuvo el número total de luminarias y la potencia consumida por cada una de ellas. En el alumbrado de los viarios se determinó de manera aproximada, ya que tan solo se midió la longitud de las calles y en función del tipo de disposición y la distancia entre puntos de luz se obtuvo un total, sin tener en cuenta puntos singulares como los cruces.

Posteriormente, estableciendo las horas necesarias de iluminación al año y el precio del kW/h, se podía determinar el consumo total de potencia y el precio para la instalación propuesta. Para determinar, aproximadamente, el consumo de la instalación actual suponiendo que son lámparas de descarga de baja presión de vapor mercurio, se estableció una relación entre el flujo luminoso propuesto y la potencia que consumen estas lámparas en función de dicho flujo. Con la siguiente tabla se establece una idea:

Tipo lámpara	Potencia instalada (W)	Flujo luminoso (lm)
V.M.A.P.	80	3.800
	125	6.250
	250	12.100
	400	22.500
	700	42.500

Tabla 0-1 Consumo luminarias de vapor mercurio. [2]

Algunas de estas ideas para realizar la comparación se han sacado de [17]

Para terminar, se comparó, para un mismo número de luminarias, cual sería el ahorro, tanto energético, como económico, respecto a las luminarias actuales de la localidad. En la comparación no se incluyen los puntos singulares de los parques como el alumbrado de vegetación o el del auditorio, ni tampoco el alumbrado deportivo ya que tiene valores muy elevados de flujo y es difícil establecer una relación. En la siguiente tabla se muestran las potencias en vatios en ambas instalaciones:

Zonas de estudio	Flujo Luminoso	Potencia propuesta	Potencia actual
Sección 1	2700	19	55
Sección 2	1900	14,4	40
Sección 3	2000	20	42
Sección 4	2000	20	42
Plaza España	2650	21	55
Fachada Ayto.	7420	274	160
Plaza Marques V.	2650	21	55
Parque Saharaui	2080	16	44
Parque Andalucía	2080	16	44

Tabla 10-2 Potencias propuestas y actuales

SECCIÓN 1	Longitud (m)	Número de luminarias	Potencia propuesta	Potencia actual
Av. Del Rocío	863	86	1634	4730
Crta. de Sevilla (SE-639)	697	70	1330	3850
	Total	156	2964	8580

Tabla 10-3 Potencia sección 1

SECCIÓN 2	Longitud (m)	Número de luminarias	Potencia propuesta	Potencia actual
Av. De la Alegría	224	14	201,6	560
C/ Huevar	84	5	72	200
C/ Las marismas	109	7	100,8	280
C/ García Lorca	69	4	57,6	160
C/ J. Ramón Giménez	227	14	201,6	560
C/ Bequer	59	4	57,6	160
C/ Pino	137	9	129,6	360
	Total	57	820,8	2280

Tabla 10-4 Potencia sección 2

SECCIÓN 3	Longitud (m)	Número de luminarias	Potencia propuesta	Potencia actual
C/ Virgen del Rosario	109	9	180	378
C/ Virgen del Carmen	108	9	180	378
C/ Manuel Álvarez Romero	210	17	340	714
C/ Padre García Escudero	136	11	220	462
C/ Nstra. Señora de Fátima	250	20	400	840
C/ Azucena	80	7	140	294
C/ Jazmín	72	6	120	252
C/ Gitanillos	57	5	100	210
C/ Virgen de la Asunción	142	11	220	462
Av. De Jerez	211	17	340	714
Plaza de San Sebastián	127	10	200	420
C/ Virgen de los Dolores	73	6	120	252
C/ virgen de la Soledad	75	6	120	252
C/ Virgen de la Sangre	78	6	120	252
C/ Pilas	247	20	400	840
C/ Encina	107	8	160	336
C/ Olivo	72	6	120	252
C/ Moreno Membrille	334	26	520	1092
C/ De la Cruz	171	14	280	588
C/ Rogelio Barrera	198	16	320	672
C/ Soleá	99	8	160	336
C/ Martinetes	79	6	120	252
C/ Saguirillas	64	5	100	210
C/ Tamboril	257	20	400	840
C/ La Raya	241	19	380	798
C/ Romero Reinoso	175	14	280	588
C/ Romero Salas	88	7	140	294
C/ Muñoz Fidalgo	184	15	300	630
C/ Andalucía	101	8	160	336
	Total	332	6640	13944

Tabla 10-5 Potencia sección 3

SECCIÓN 4	Longitud (m)	Número de luminarias	Potencia propuesta	Potencia actual
C/ Fidalgo Solan	194	14	280	588
C/ Agustín Alvarez	126	9	180	378
C/ Blas Infante	352	25	500	1050
C/ Martín Arias	130	9	180	378
C/ De la Fuente	369	27	540	1134
C/ Pajaritos	72	5	100	210
C/ Amante Laffon	249	18	360	756
C/ San José	90	6	120	252
Plaza del Molín	152	11	220	462
C/ Moreno Segura	38	3	60	126
C/ Juan Carlos I	125	9	180	378
Total		136	2720	5712

Tabla 10-6 Potencia sección 4

Plazas y edificios	Número de luminarias	Potencia propuesta	Potencia actual
Plaza de España	16	336	880
Fachada del Ayto.	2	548	300
Plaza Marqués V.	17	272	935
	35	1156	2115

Tabla 10-7 Potencia plazas y edificios

Parques	Número de luminarias	Potencia propuesta	Potencia actual
Saharaui	24	384	1056
Andalucía	17	272	748
	41	656	1804

Tabla 10-8 Potencia parques

	Instalación propuesta	Instalación actual
Potencia total (W)	14956,8	34435

Tabla 10-9 Potencia total

Horas de alumbrado			
Periodo	Horas por día	Número de días	Número de horas
Invierno (17:30h/08:30h)	15	91,25	1368,75
Primavera (19:00h/08:00h)	13	91,25	1186,25
Vernao (21:00h/08:00h)	11	91,25	1003,75
Otoño (19:00h/08:00h)	13	91,25	1186,25
Total			4745

Tabla 10-10 Horas de alumbrado

A continuación, se mostrará el costo de cada instalación para las horas de alumbrado establecidas y para un precio de 0.15€/kW, recogido de años posteriores y en los que se incluye el IVA.

Ahorro económico	Instalación propuesta	Instalación actual
kWh/año	70970,016	163394,075
€/año	10645,5024	24509,1113
Total ahorro (€)		
13863,60885		

Tabla 10-11 Total ahorro

Finalmente, se puede apreciar que el ahorro que se consigue con las luminarias LED respecto a las de vapor mercurio es de 13863 €

11 CONCLUSIONES

Como principal conclusión, tras realizar el trabajo y ver los resultados obtenidos en los distintos tipos de alumbrado, se pueden confirmar las ventajas que ofrece la tecnología LED. Se ha visto, que son luminarias que emiten buenos flujos luminosos consumiendo poca batería, y esto se ha visto reflejado en todos los cálculos de la eficiencia energética donde siempre se ha obtenido la mejor valoración.

Como observación, se puede llegar a pensar, que esa clasificación de la eficiencia energética está algo obsoleta para esta tecnología y que, en un futuro si esta clasificación fuera más exhaustiva, podría servir para diferenciar las eficiencias ofrecidas por los distintos LEDS.

En cuanto a los tipos de alumbrado, decir que la normativa es mucho más específica y restrictiva en el alumbrado vial, mientras que en otros como los de las zonas verdes, existe algo más de libertad en el diseño, principalmente por la seguridad, ya que en los viarios existe un riesgo mayor.

Por último, comentar la diferencia obtenida en la comparación entre los diseños propuestos y los existentes. Se ha visto que se consigue un ahorro con el nuevo diseño, y ya habría que entrar a valorar lo rentable que podría llegar a ser contando con el coste de la instalación. Aunque tarde o temprano el cambio es totalmente necesario.

12 REFERENCIAS

- [1] Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior.
- [2] Diapositivas de la asignatura Servicios Urbanos – Profesor Jaime Navarro Casa
- [3] Ayuntamiento de Huévar del Aljarafe. <http://www.huevardelaljarafe.es>
- [4] Catálogo de iluminación exterior de Philips
- [5] Diferentes consultas. <https://es.wikipedia.org>
- [6] Conceptos de iluminación. <https://recursos.citcea.upc.edu>
- [7] Ventajas del LED. <https://www.bsvelectronic.com/es/noticias-general/beneficios-ventajas-la-tecnologia-led/>
- [8] Funcionamiento de led. <https://www.optimaled.es/funcionan-las-lamparas-led/>
- [9] Norma UNE-EN 12193. Alumbrado instalaciones deportivas
- [10] Google Maps
- [11] Información sobre DIALux <https://www.airfal.com/programa-calculo-iluminacion-dialux/>
- [12] Disposición luminarias. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4429/anexo%2021.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- [13] Alumbrado de vegetación. <https://www.erco.com/guide/outdoor-lighting/vegetation-1715/es/>
- [14] Recomendaciones alumbrado artificial de zonas verdes. www.ceisp.com
- [15] Norma UNE-EN 13201. https://www.oxytech.it/PDF/EN13201-2015_La_nueva_norma_de_iluminaci%C3%B3n_de_carreteras-Rv01_210316.pdf
- [16] Norma UNE-EN 60598-1. Consulta sobre requisitos de las luminarias
- [17] Trabajo sobre alumbrado. <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/2394pub.pdf>

ANEJO I. CÁLCULO LUMINOTÉCNICO DE LOS VIARIOS

- Sección 1
- Sección 2
- Sección 3
- Sección 4

ANEJO II. CÁLCULO LUMINOTÉCNICO DEL RESTO DE ZONAS

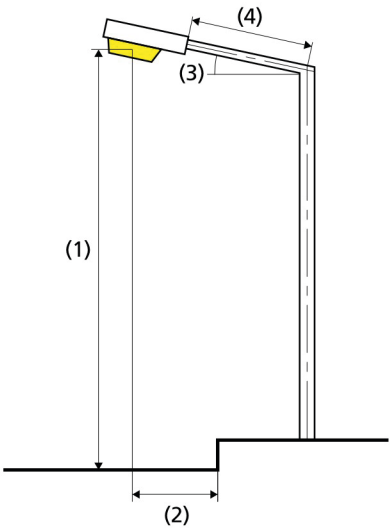
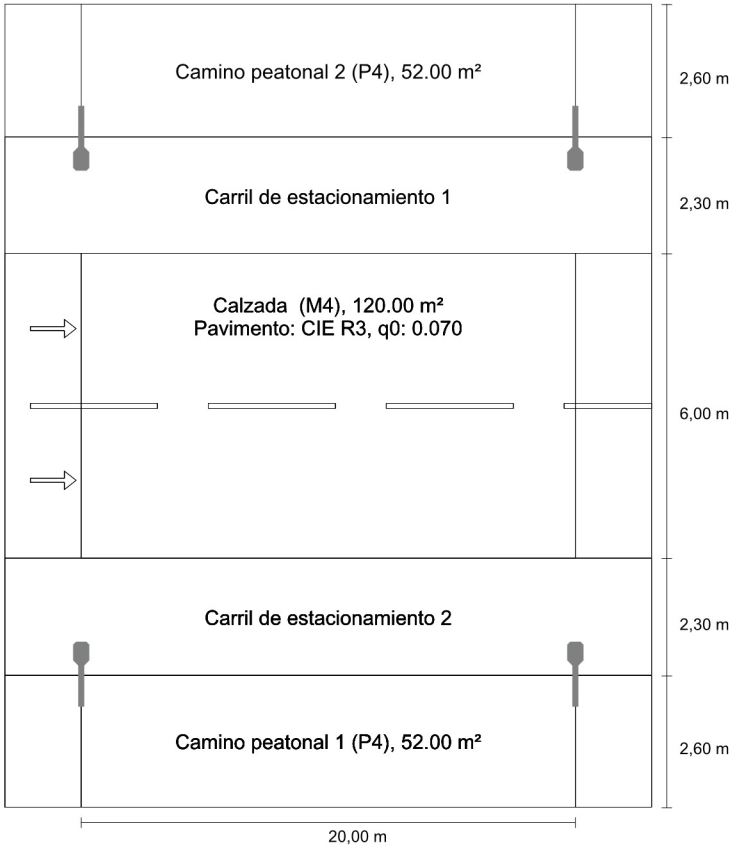
- Plaza de España
- Plaza Marqués de Villavelviestre
- Alumbrado deportivo
- Parque municipal Saharaui
- Parque municipal Andalucía

ANEJO I. CÁLCULO LUMINOTÉCNICO DE LOS VIARIOS

- Sección 1
- Sección 2
- Sección 3
- Sección 4

Sección 1 EN 13201:2015

Philips BGP615 T25 1 xLED30-4S/740 DM10



Lámpara:	1xLED30-4S/740
Flujo luminoso (luminaria):	2704.53 lm
Flujo luminoso (lámpara):	3000.00 lm
Horas de trabajo	
4000 h:	100.0 %, 19.0 W
W/km:	1900.0
Organización:	bilateral enfrente
Distancia entre mástiles:	20.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0°
Longitud del brazo (4):	1.000 m
Altura del punto de luz (1):	6.000 m
Saliente del punto de luz (2):	-1.900 m

ULR:	0.00
ULOR:	0.00
Valores máximos de la intensidad lumínica	
sobre 70°	605 cd/klm *
sobre 80°	61.6 cd/klm *
sobre 90°	0.00 cd/klm *
Clase de potencia lumínica:	G*3

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

* Luminous intensity values in [cd/klm] for calculating luminous intensity class refer to the output flux of the luminaire, according EN 13201:2015.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6

Resultados para campos de evaluación

Factor de degradación: 0.67

Camino peatonal 2 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.50	Emin [lx] ≥ 1.00
✓ 6.68	✓ 3.16

Calzada (M4)

Lm [cd/m²] ≥ 0.75	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR ≥ 0.30
✓ 0.75	✓ 0.87	✓ 0.98	✓ 9	✓ 0.76

Camino peatonal 1 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.50	Emin [lx] ≥ 1.00
✓ 6.68	✓ 3.16

Resultados para indicadores de eficiencia energética

Indicador de la densidad de potencia (Dp) 0.017 W/lxm²

Densidad de consumo de energía

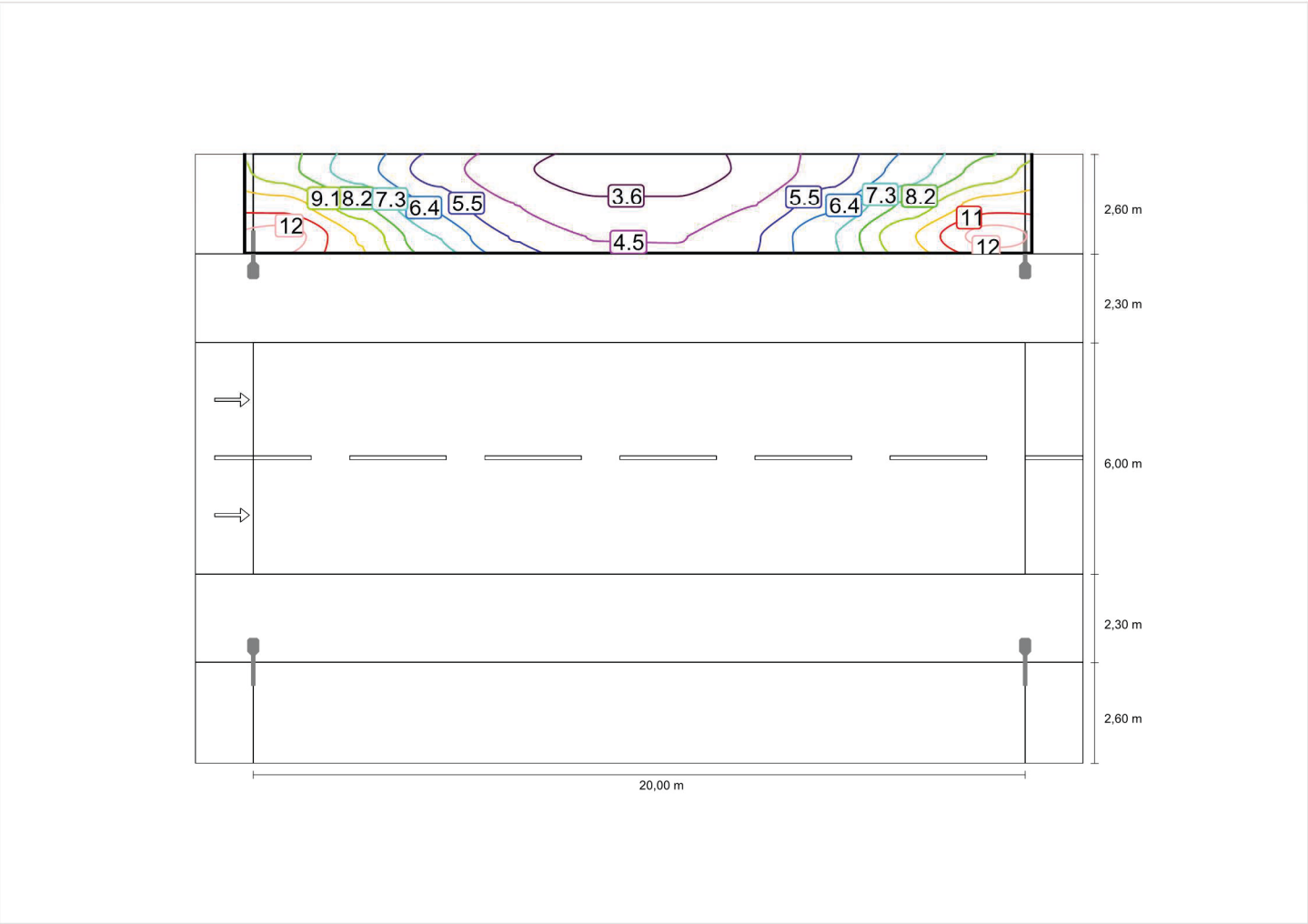
Organización: BGP615 T25 1 xLED30-4S/740 DM10 (152.0 0.7 kWh/m² año kWh/año)

Camino peatonal 2 (P4)

Factor de degradación: 0.67
Trama: 10 x 3 Puntos

Em [lx]	Emin [lx]
≥ 5.00	≥ 1.00
≤ 7.50	
✓ 6.68	✓ 3.16

Intensidad lumínica horizontal

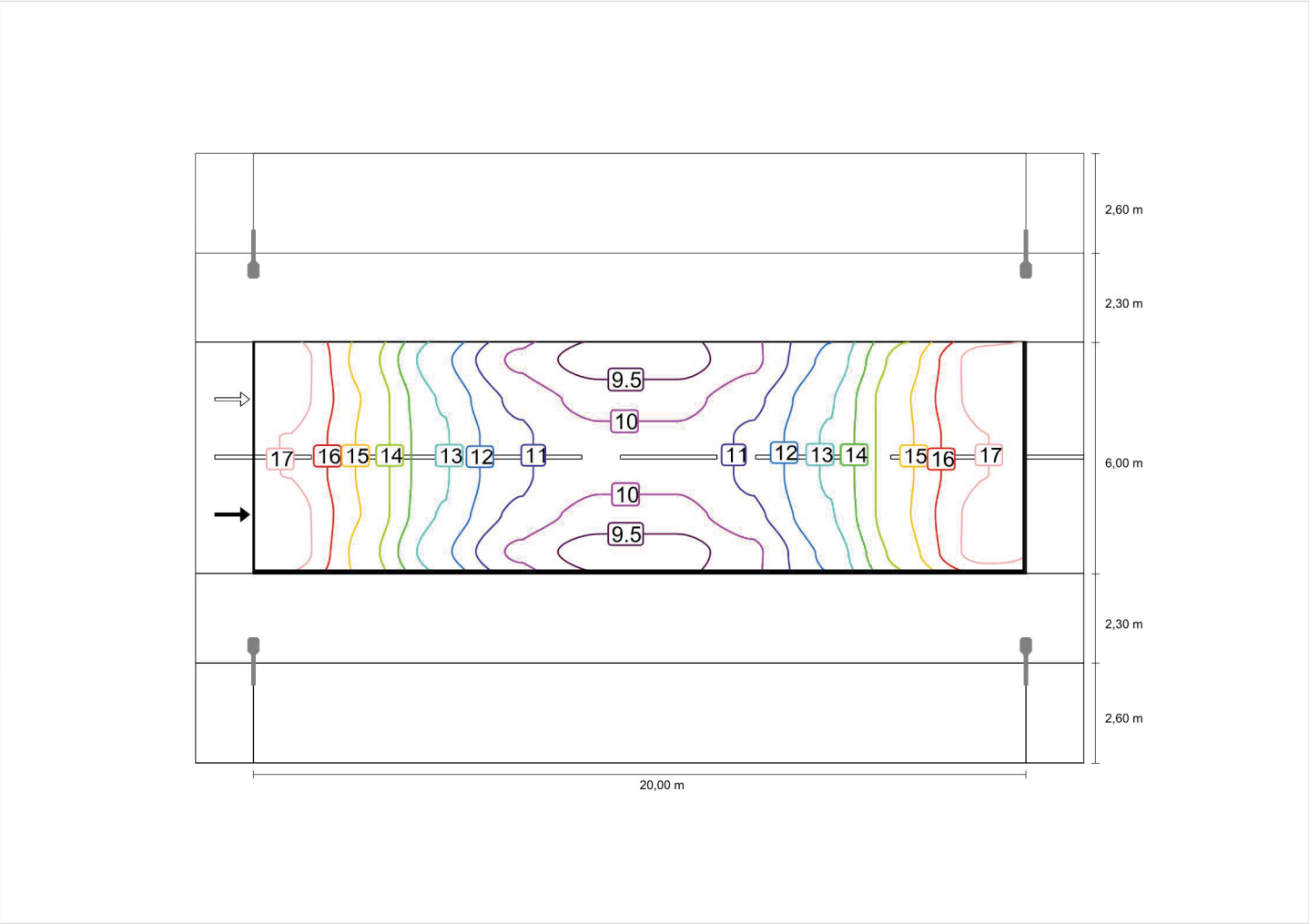


Calzada (M4)

Factor de degradación: 0.67
Trama: 10 x 6 Puntos

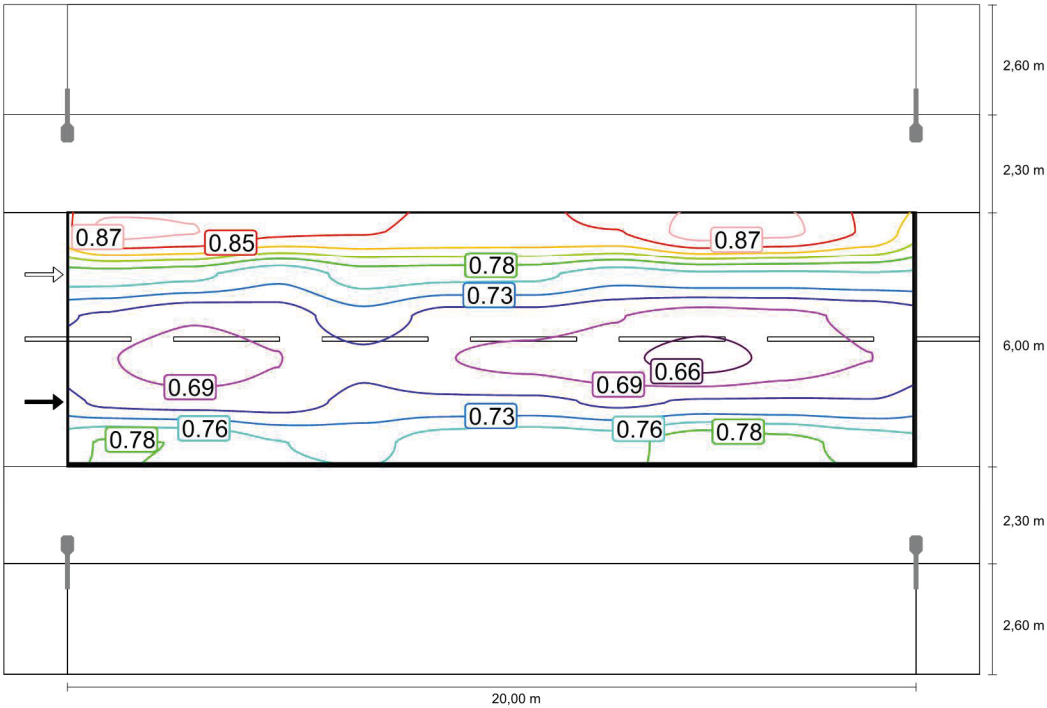
Lm [cd/m²]	Uo	UI	TI [%]	EIR
≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.30
✓ 0.75	✓ 0.87	✓ 0.98	✓ 9	✓ 0.76

Intensidad lumínica horizontal

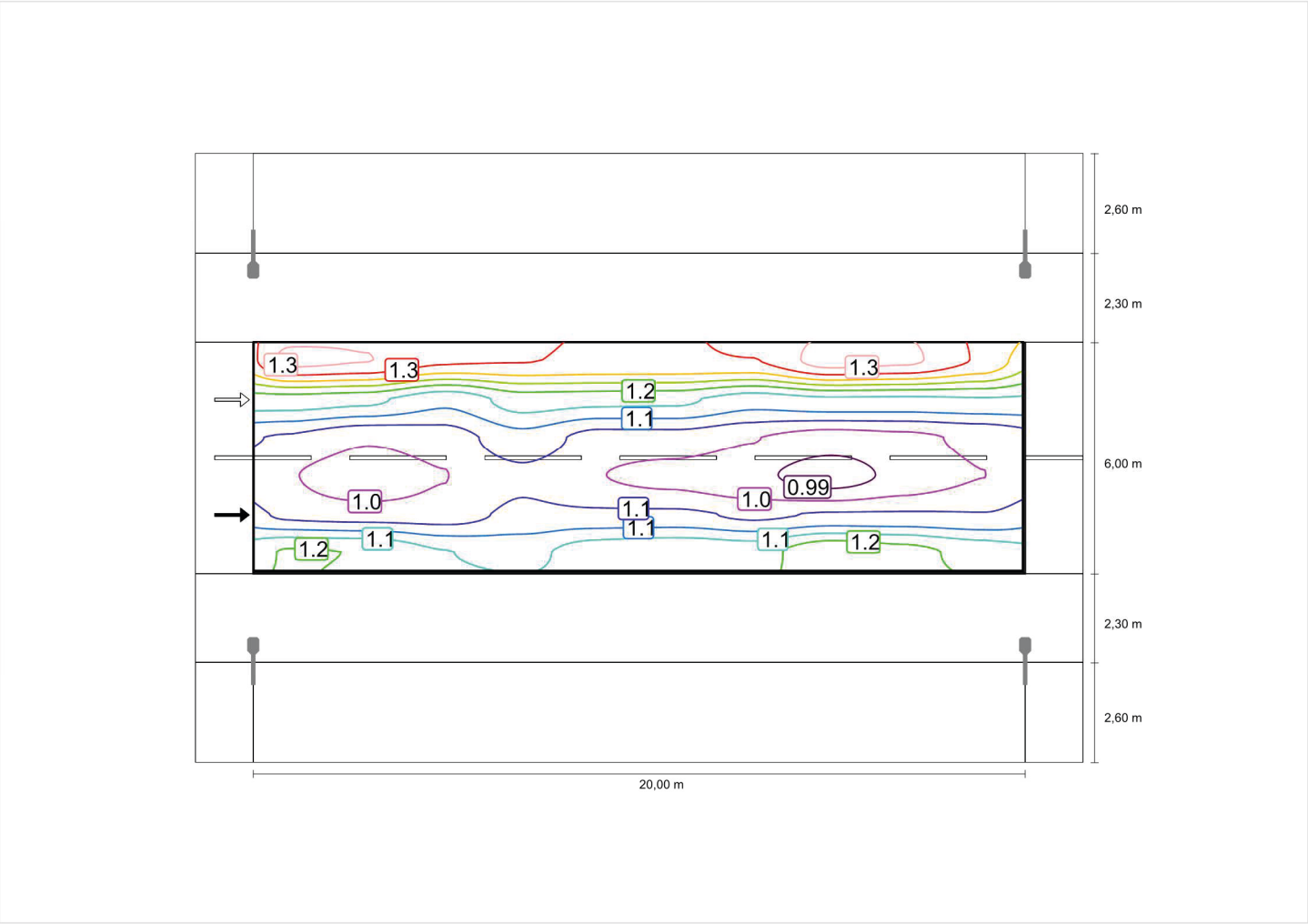


Observador 1

Luminancia en calzada seca

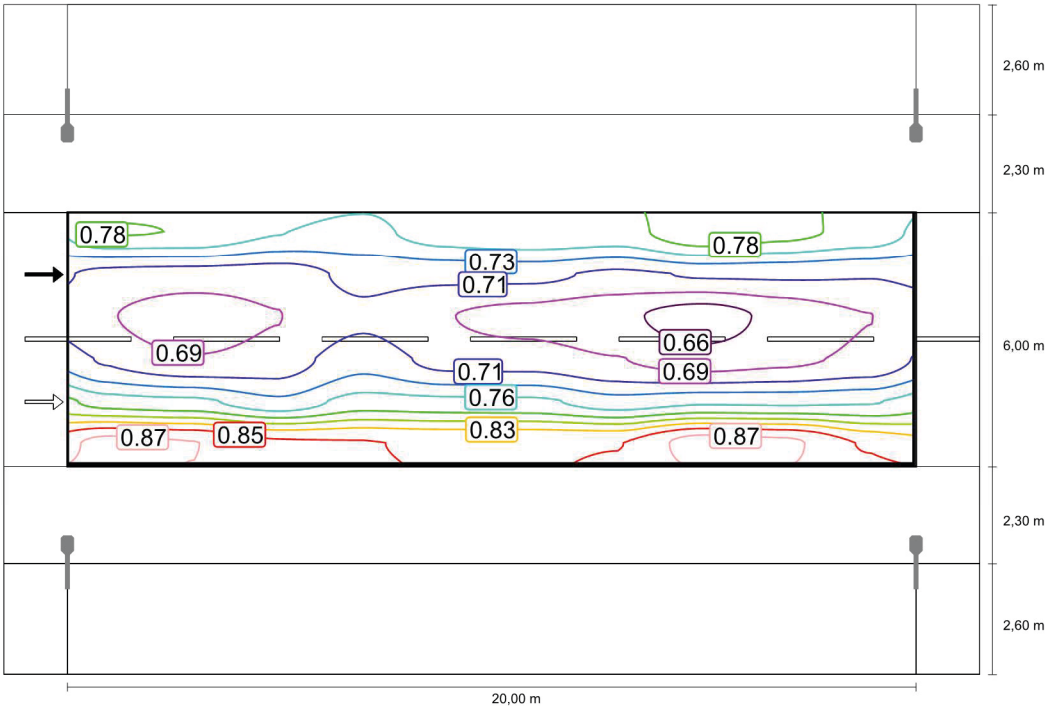


Luminancia de lámpara nueva

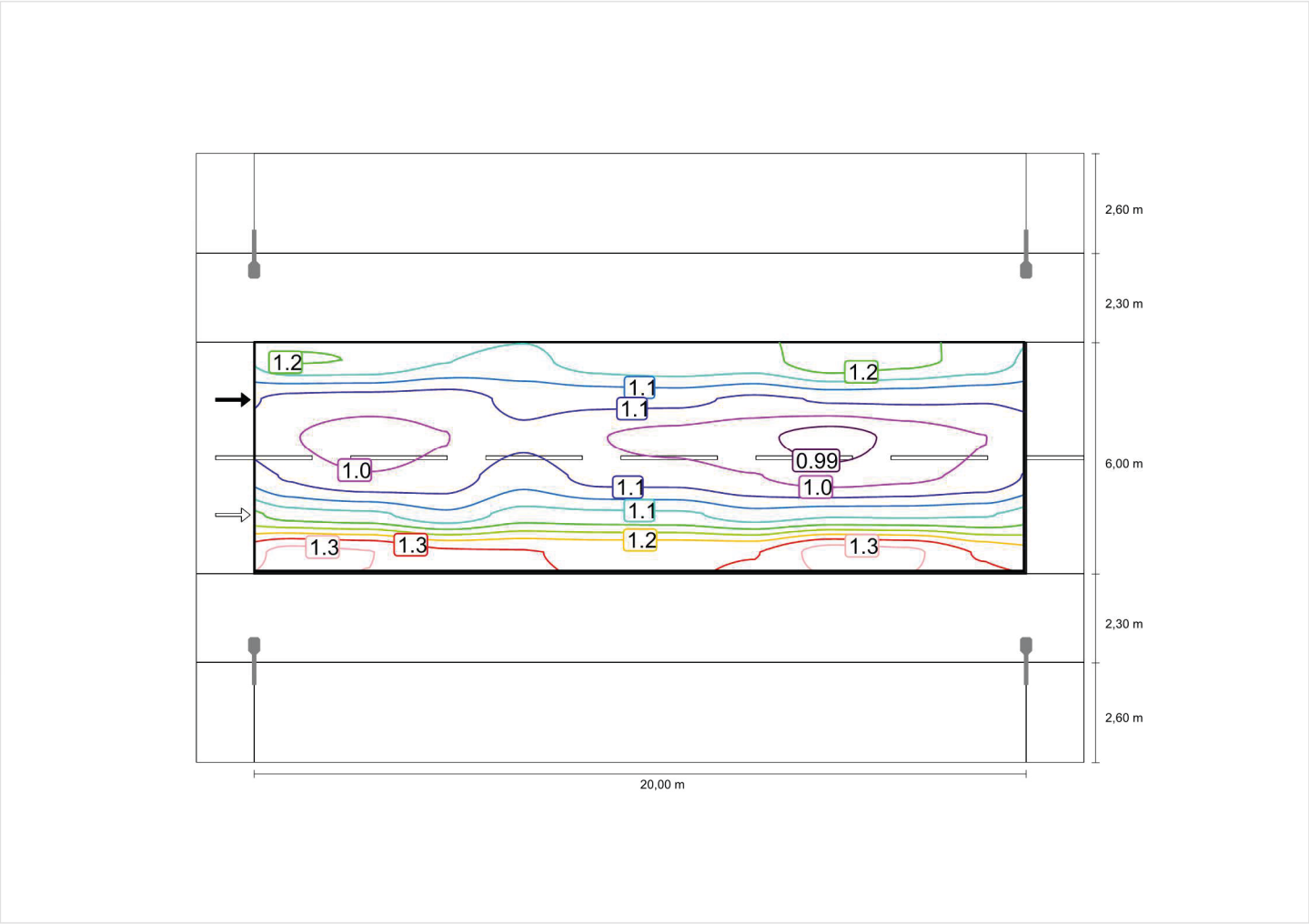


Observador 2

Luminancia en calzada seca



Luminancia de lámpara nueva

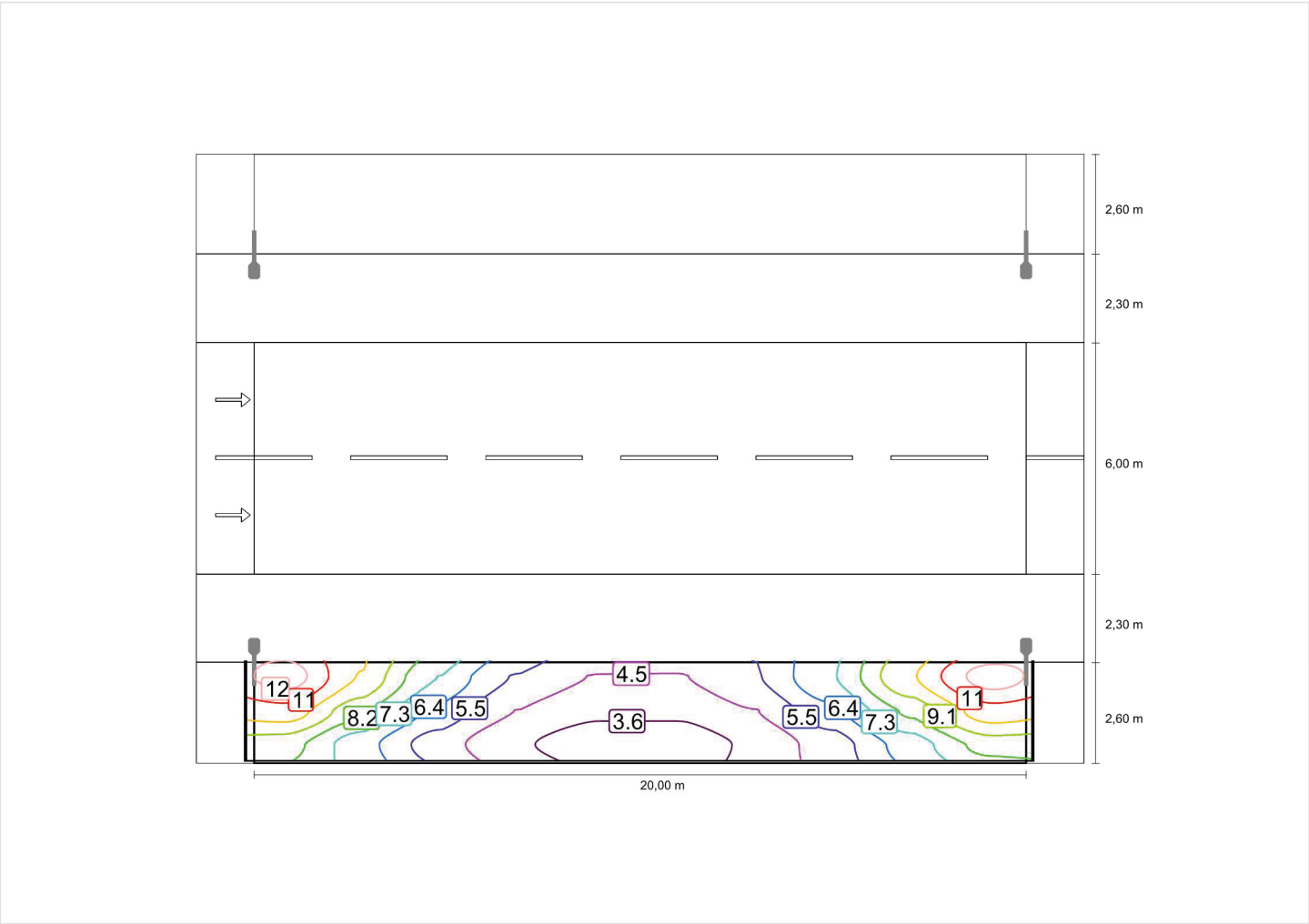


Camino peatonal 1 (P4)

Factor de degradación: 0.67
Trama: 10 x 3 Puntos

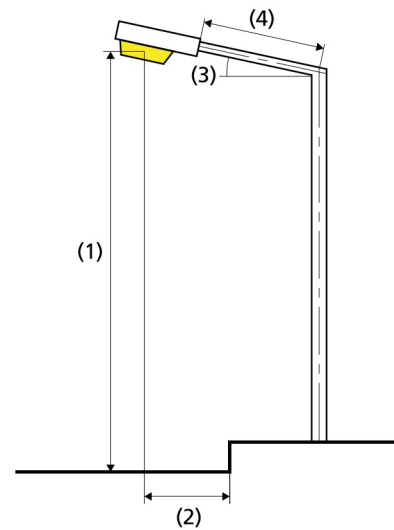
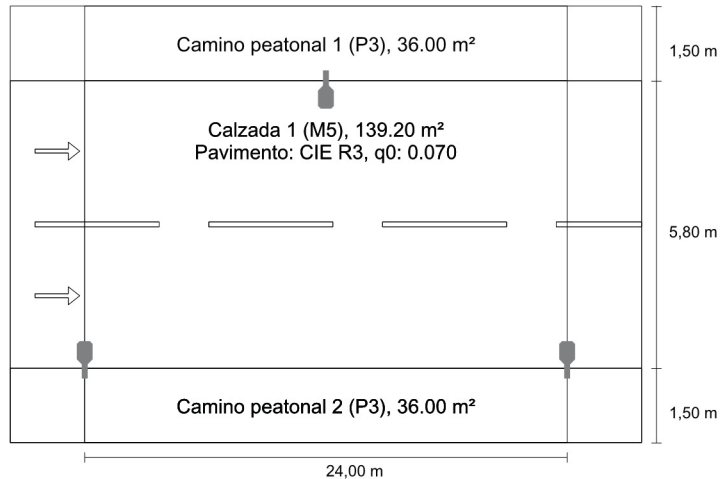
Em [lx]	Emin [lx]
≥ 5.00	≥ 1.00
≤ 7.50	
✓ 6.68	✓ 3.16

Intensidad lumínica horizontal



Sección 2 EN 13201:2015

Philips BGP660 FG 1 xLED22-4S/740 DM10

Resultados para campos de evaluación
Factor de degradación: 0.67

Camino peatonal 1 (P3)

Em [lx] ≥ 7.50 ≤ 11.25	Emin [lx] ≥ 1.50
✓ 7.60	✓ 3.78

Calzada 1 (M5)

Lm [cd/m²] ≥ 0.50	Uo ≥ 0.35	UI ≥ 0.40	TI [%] ≤ 15	EIR
✓ 0.73	✓ 0.82	✓ 0.87	✓ 9	* 0.58

Camino peatonal 2 (P3)

Em [lx] ≥ 7.50 ≤ 11.25	Emin [lx] ≥ 1.50
✓ 7.60	✓ 3.78

* Informativo, no es parte de la evaluación

Resultados para indicadores de eficiencia energética

Indicador de la densidad de potencia (Dp)	0.014 W/lxm²
Densidad de consumo de energía	
Organización: BGP660 FG 1 xLED22-4S/740 DM10 (115.2 kWh/año)	0.5 kWh/m² año

Lámpara:	1xLED22-4S/740
Flujo luminoso (luminaria):	1961.11 lm
Flujo luminoso (lámpara):	2200.00 lm
Horas de trabajo	
4000 h:	100.0 %, 14.4 W
W/km:	1209.6
Organización:	bilateral en alternancia
Distancia entre mástiles:	24.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0°
Longitud del brazo (4):	0.500 m
Altura del punto de luz (1):	5.000 m
Saliente del punto de luz (2):	0.300 m

ULR:	0.00
ULOR:	0.00
Valores máximos de la intensidad lumínica	
sobre 70°	586 cd/klm *
sobre 80°	99.5 cd/klm *
sobre 90°	0.00 cd/klm *
Clase de potencia lumínica:	G*3

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

* Luminous intensity values in [cd/klm] for calculating luminous intensity class refer to the output flux of the luminaire, according EN 13201:2015.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6

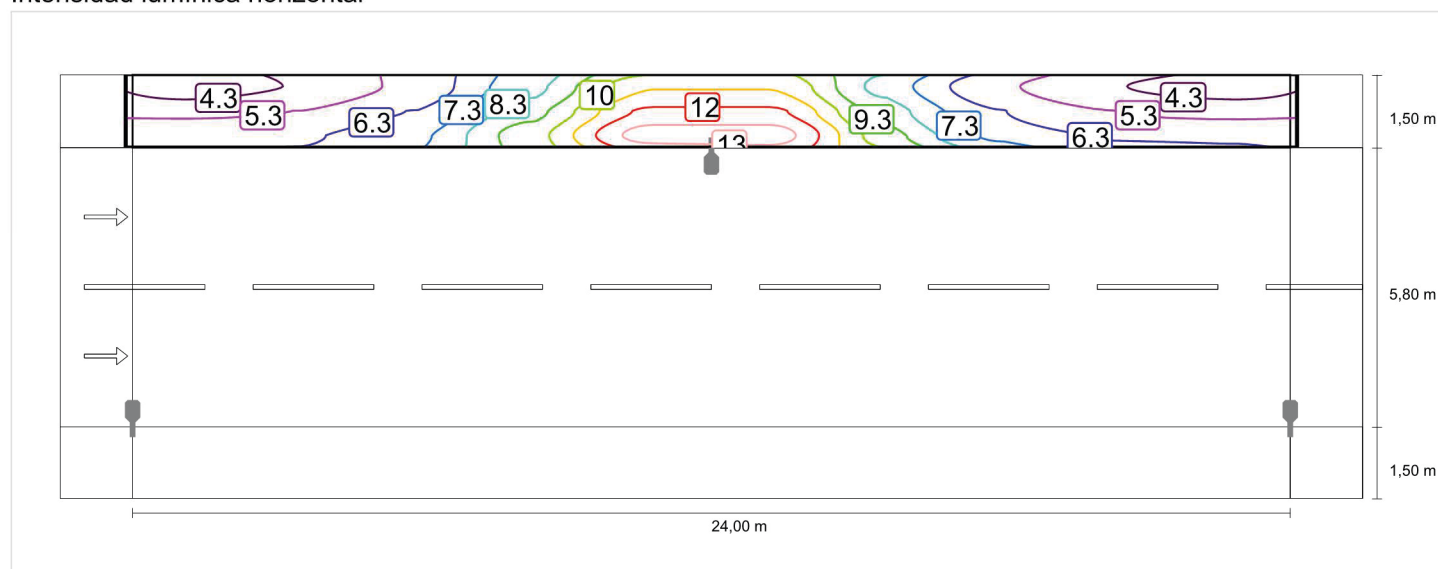
Camino peatonal 1 (P3)

Factor de degradación: 0.67

Trama: 10 x 3 Puntos

Em [lx]	Emin [lx]
≥ 7.50	≥ 1.50
≤ 11.25	
✓ 7.60	✓ 3.78

Intensidad lumínica horizontal



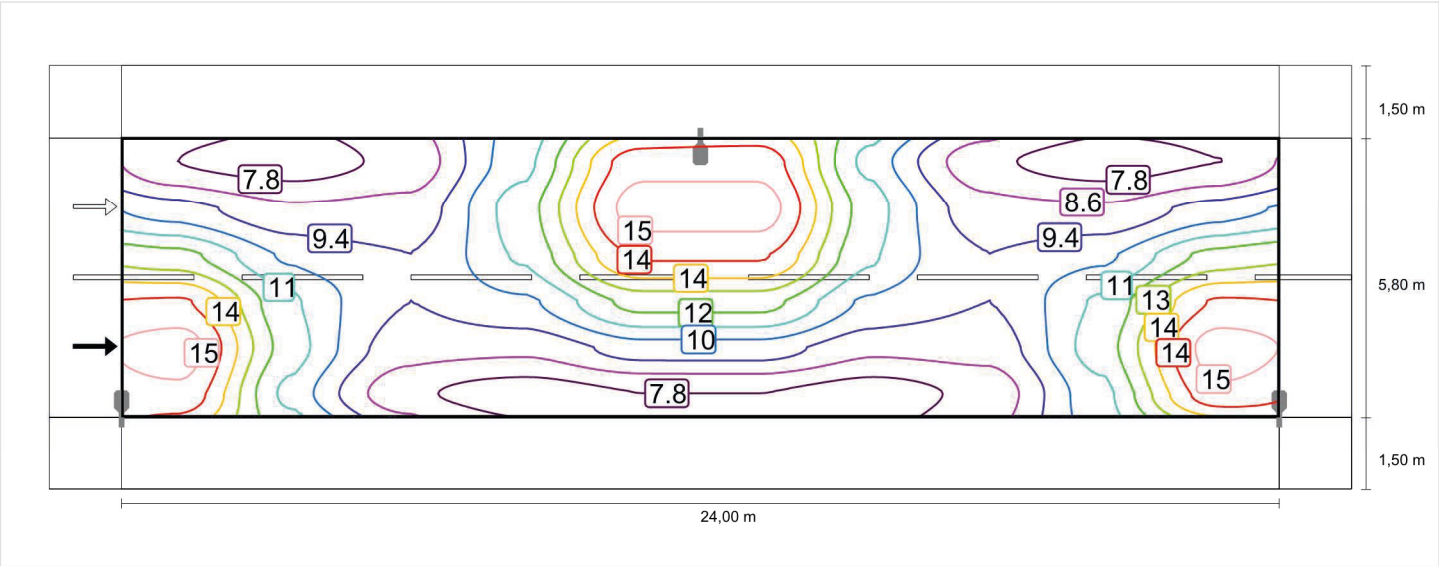
Calzada 1 (M5)

Factor de degradación: 0.67
Trama: 10 x 6 Puntos

Lm [cd/m²]	Uo	UI	TI [%]	EIR
≥ 0.50	≥ 0.35	≥ 0.40	≤ 15	
✓ 0.73	✓ 0.82	✓ 0.87	✓ 9	* 0.58

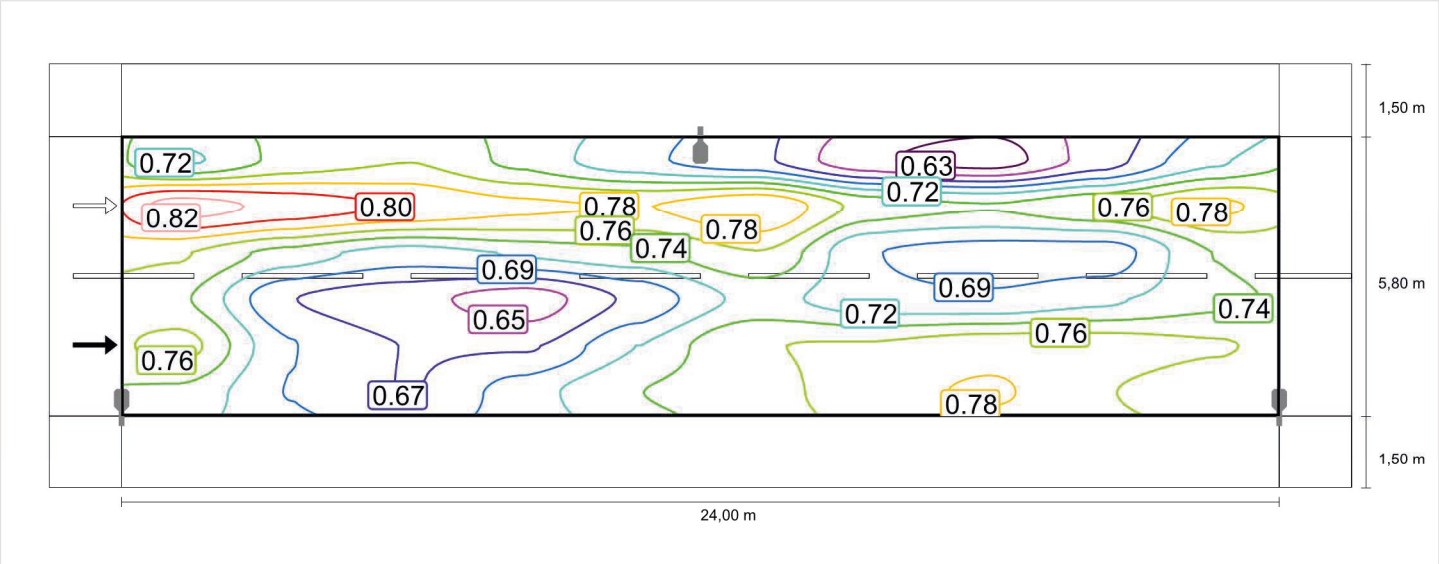
* Informativo, no es parte de la evaluación

Intensidad lumínica horizontal

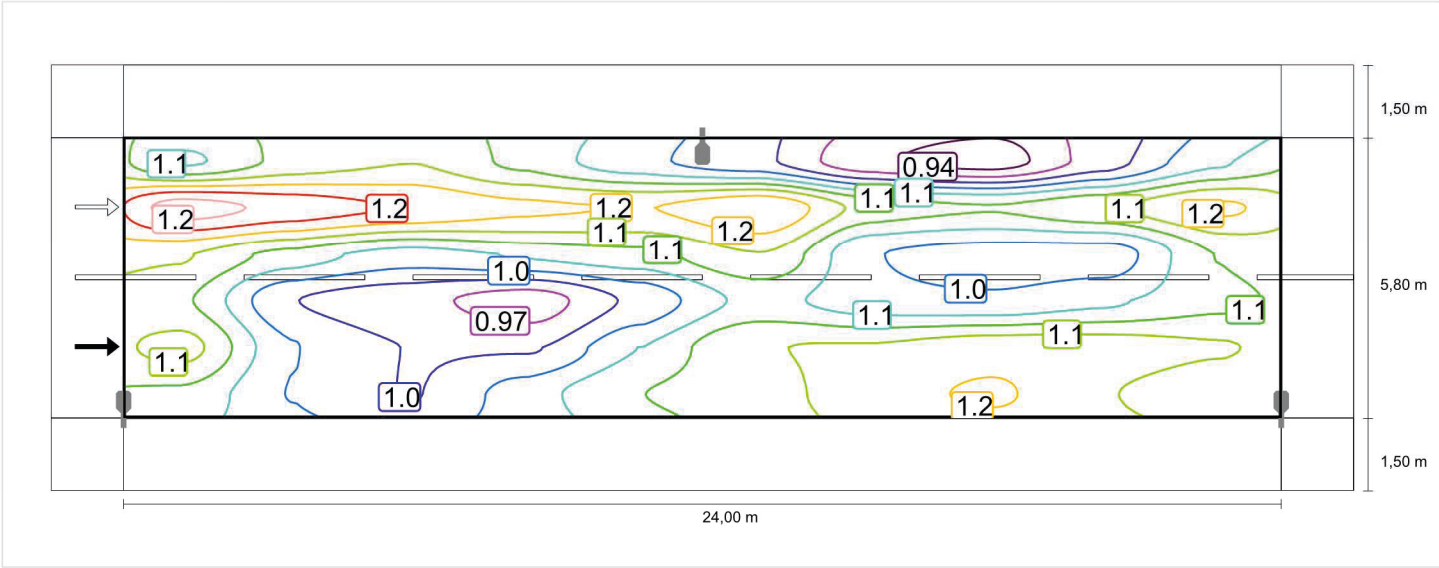


Observador 1

Luminancia en calzada seca

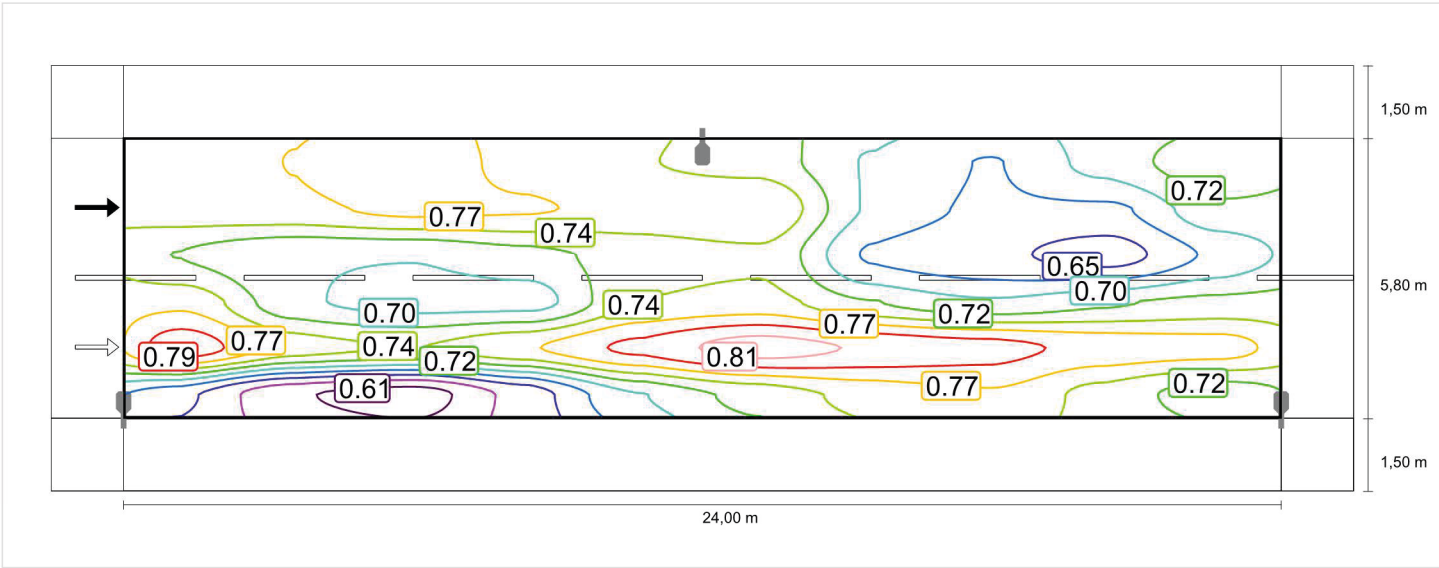


Luminancia de lámpara nueva

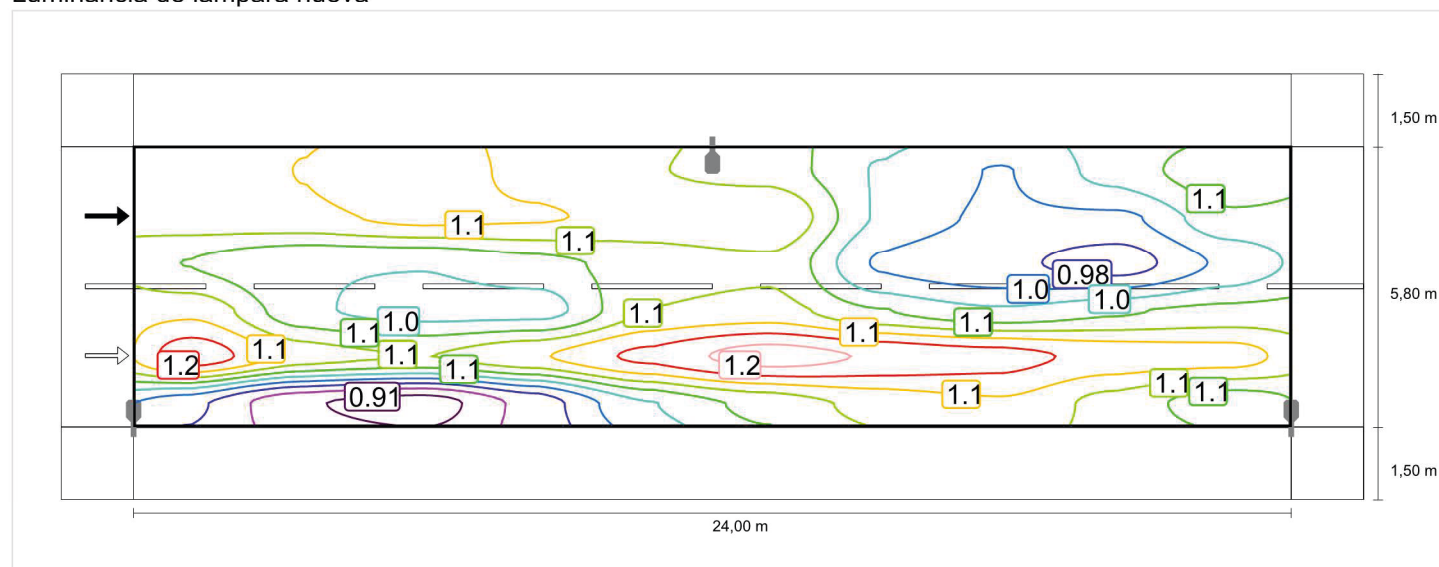


Observador 2

Luminancia en calzada seca



Luminancia de lámpara nueva

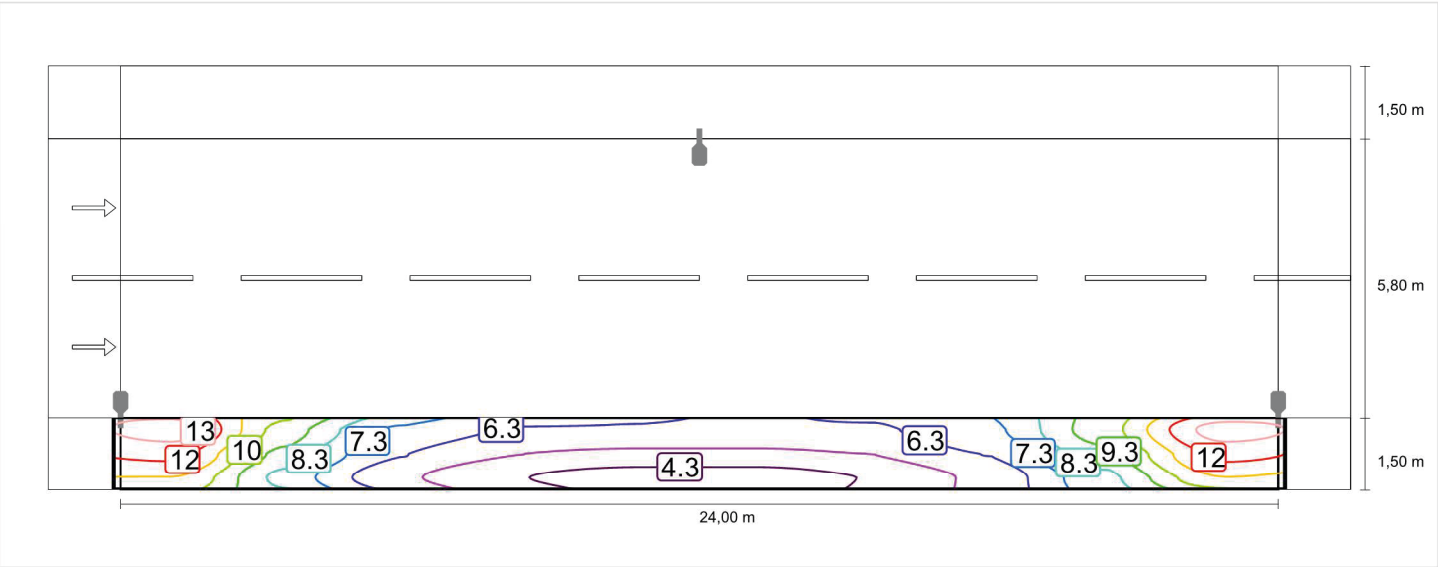


Camino peatonal 2 (P3)

Factor de degradación: 0.67
Trama: 10 x 3 Puntos

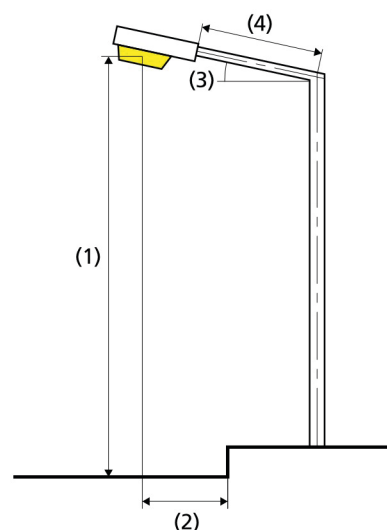
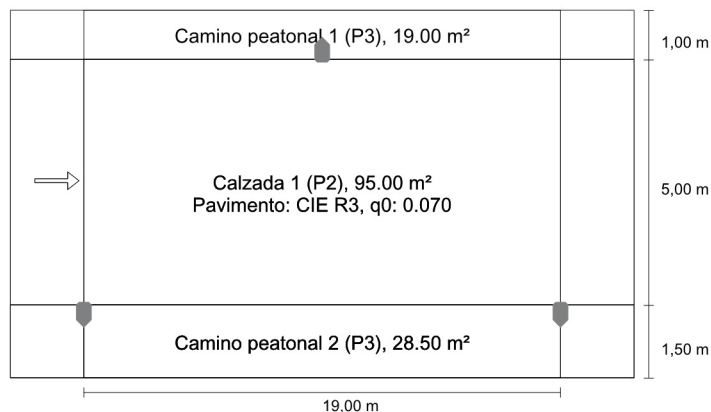
Em [lx]	Emin [lx]
≥ 7.50	≥ 1.50
≤ 11.25	
✓ 7.60	✓ 3.78

Intensidad lumínica horizontal



Sección 3 EN 13201:2015

Philips BDP765 GF T25 1 xLED40-4S/830 DM11



Resultados para campos de evaluación

Factor de degradación: 0.67

Camino peatonal 1 (P3)

Em [lx] ≥ 7.50 ≤ 11.25	Emin [lx] ≥ 1.50
✓ 9.42	✓ 3.74

Calzada 1 (P2)

Em [lx] ≥ 10.00 ≤ 15.00	Emin [lx] ≥ 2.00
✓ 10.22	✓ 5.99

Camino peatonal 2 (P3)

Em [lx] ≥ 7.50 ≤ 11.25	Emin [lx] ≥ 1.50
✓ 9.04	✓ 3.25

Lámpara:	definido por el usuario
Flujo luminoso (luminaria):	1775.14 lm
Flujo luminoso (lámpara):	3200.00 lm
Horas de trabajo	
4000 h:	100.0 %, 25.0 W
W/km:	2650.0
Organización:	bilateral en alternancia
Distancia entre mástiles:	19.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0°
Longitud del brazo (4):	0.000 m
Altura del punto de luz (1):	4.000 m
Saliente del punto de luz (2):	-0.200 m

Resultados para indicadores de eficiencia energética

Indicador de la densidad de potencia (Dp)	0.036 W/lxm²
Densidad de consumo de energía	
Organización: BDP765 GF T25 1 xLED40-4S/830 DM11 (200.0 kWh/año)	1.4 kWh/m² año

ULR:	0.00
ULOR:	0.00
Valores máximos de la intensidad lumínica	
sobre 70°	138 cd/klm *
sobre 80°	46.0 cd/klm *
sobre 90°	3.03 cd/klm *
Clase de potencia lumínica:	G*3

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

* Luminous intensity values in [cd/klm] for calculating luminous intensity class refer to the output flux of the luminaire, according EN 13201:2015.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6

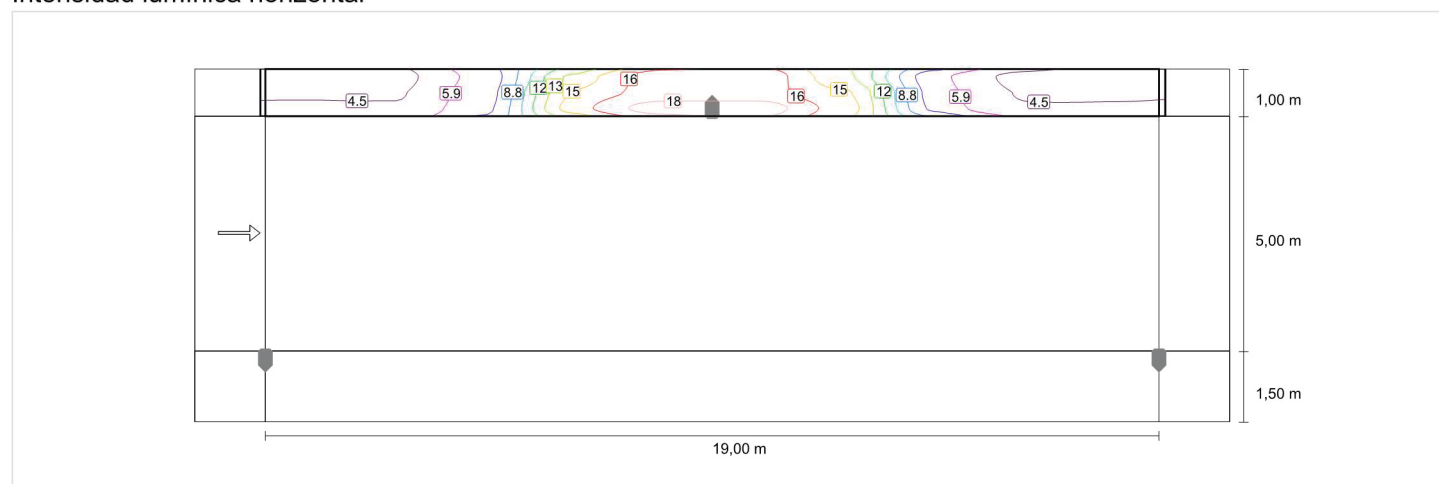
Camino peatonal 1 (P3)

Factor de degradación: 0.67

Trama: 10 x 3 Puntos

Em [lx]	Emin [lx]
≥ 7.50 ≤ 11.25	≥ 1.50
✓ 9.42	✓ 3.74

Intensidad lumínica horizontal

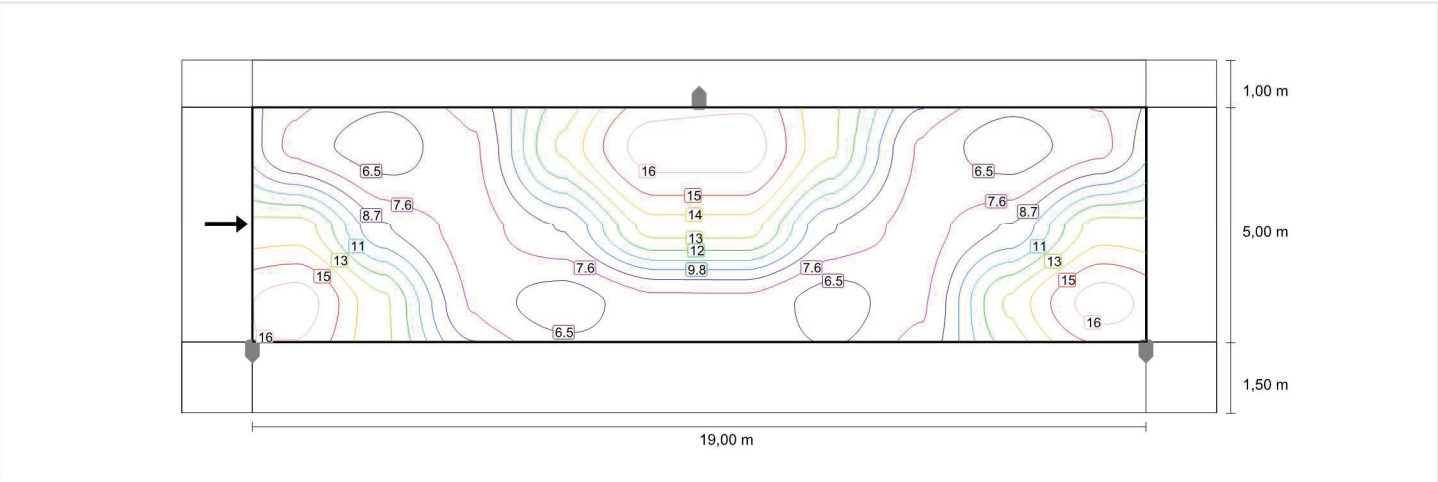


Calzada 1 (P2)

Factor de degradación: 0.67
Trama: 10 x 3 Puntos

Em [lx]	Emin [lx]
≥ 10.00	≥ 2.00
≤ 15.00	
✓ 10.22	✓ 5.99

Intensidad lumínica horizontal



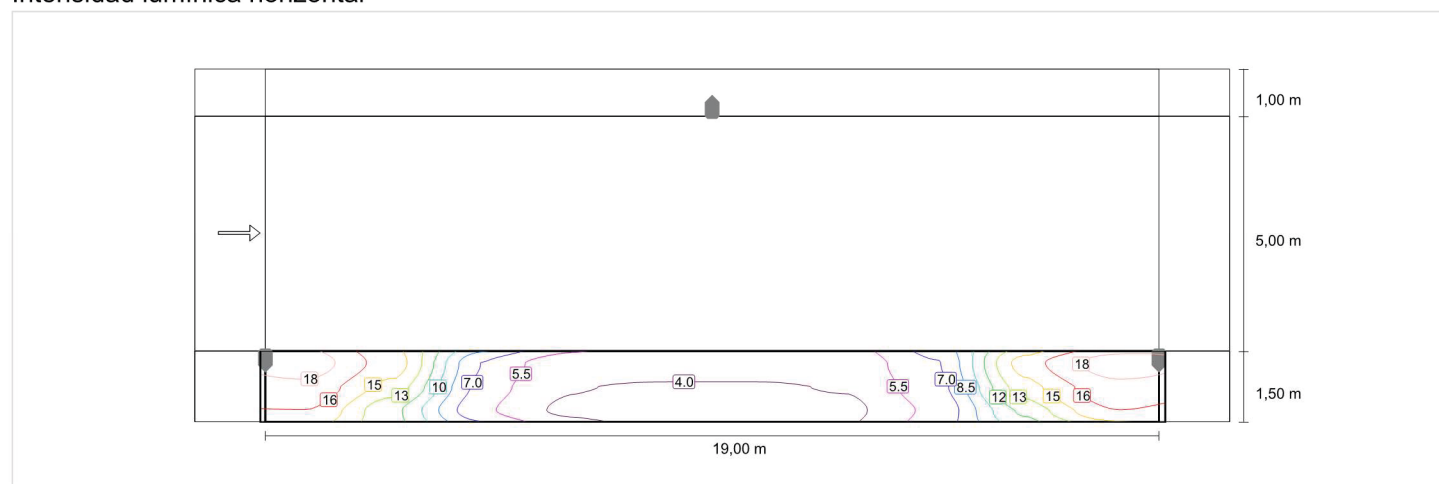
Camino peatonal 2 (P3)

Factor de degradación: 0.67

Trama: 10 x 3 Puntos

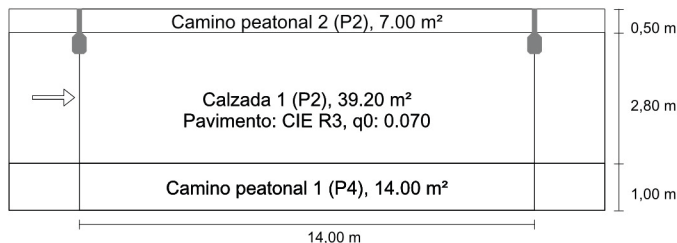
Em [lx]	Emin [lx]
≥ 7.50 ≤ 11.25	≥ 1.50
✓ 9.04	✓ 3.25

Intensidad lumínica horizontal



Calle 1 EN 13201:2015

Philips BDP765 GF T25 1 xLED40-4S/830 DM11



Resultados para campos de evaluación

Factor de degradación: 0.67

Camino peatonal 2 (P2)

Em [lx] ≥ 10.00 ≤ 15.00	Emin [lx] ≥ 2.00
✓ 12.06	✓ 3.19

Calzada 1 (P2)

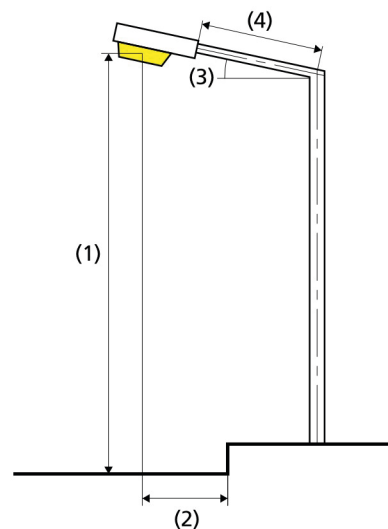
Em [lx] ≥ 10.00 ≤ 15.00	Emin [lx] ≥ 2.00
✓ 10.59	✓ 3.04

Camino peatonal 1 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.50	Emin [lx] ≥ 1.00
✓ 5.90	✓ 2.05

Resultados para indicadores de eficiencia energética

Indicador de la densidad de potencia (Dp)	0.034 W/lxm²
Densidad de consumo de energía	
Organización: BDP765 GF T25 1 xLED40-4S/830 DM11 (80.0 kWh/año)	1.3 kWh/m² año



Lámpara:	definido por el usuario
Flujo luminoso (luminaria):	1775.14 lm
Flujo luminoso (lámpara):	3200.00 lm
Horas de trabajo	
4000 h:	100.0 %, 20.0 W
W/km:	1420.0
Organización:	unilateral arriba
Distancia entre mástiles:	14.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0°
Longitud del brazo (4):	0.700 m
Altura del punto de luz (1):	3.500 m
Saliente del punto de luz (2):	0.200 m

ULR:	0.00
ULOR:	0.00
Valores máximos de la intensidad lumínica	
sobre 70°	138 cd/klm *
sobre 80°	46.0 cd/klm *
sobre 90°	3.03 cd/klm *
Clase de potencia lumínica:	G*3

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

* Luminous intensity values in [cd/klm] for calculating luminous intensity class refer to the output flux of the luminaire, according EN 13201:2015.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6

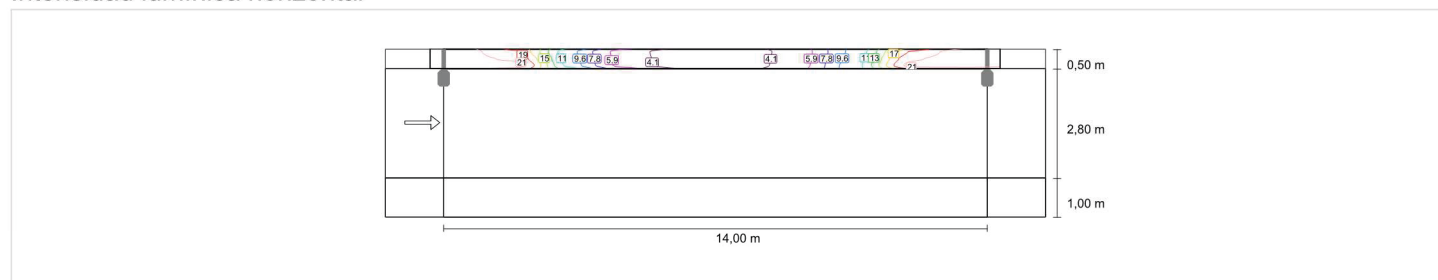
Camino peatonal 2 (P2)

Factor de degradación: 0.67

Trama: 10 x 3 Puntos

Em [lx]	Emin [lx]
≥ 10.00	≥ 2.00
≤ 15.00	
✓ 12.06	✓ 3.19

Intensidad lumínica horizontal

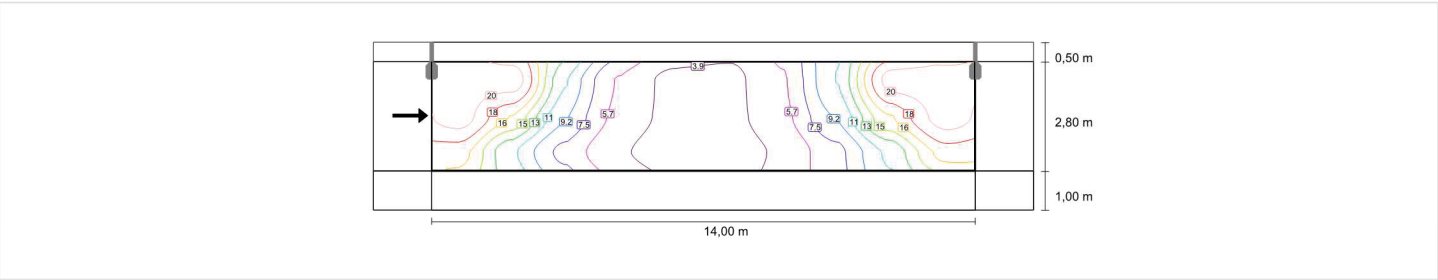


Calzada 1 (P2)

Factor de degradación: 0.67
Trama: 10 x 3 Puntos

Em [lx]	Emin [lx]
≥ 10.00	≥ 2.00
≤ 15.00	
✓ 10.59	✓ 3.04

Intensidad lumínica horizontal



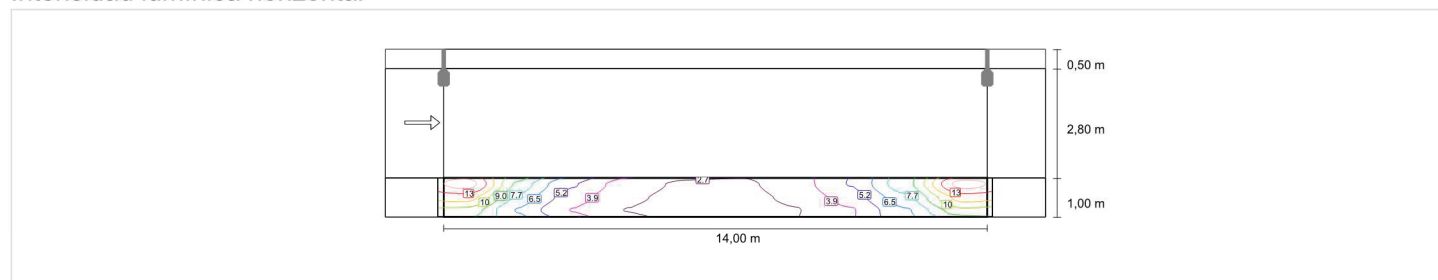
Camino peatonal 1 (P4)

Factor de degradación: 0.67

Trama: 10 x 3 Puntos

Em [lx]	Emin [lx]
≥ 5.00	≥ 1.00
≤ 7.50	
✓ 5.90	✓ 2.05

Intensidad lumínica horizontal



ANEJO II. CÁLCULO LUMINOTÉCNICO DEL RESTO DE ZONAS

- Plaza de España
- Plaza Marqués de Villavelviestre
- Alumbrado deportivo
- Parque municipal Saharaui
- Parque municipal Andalucía

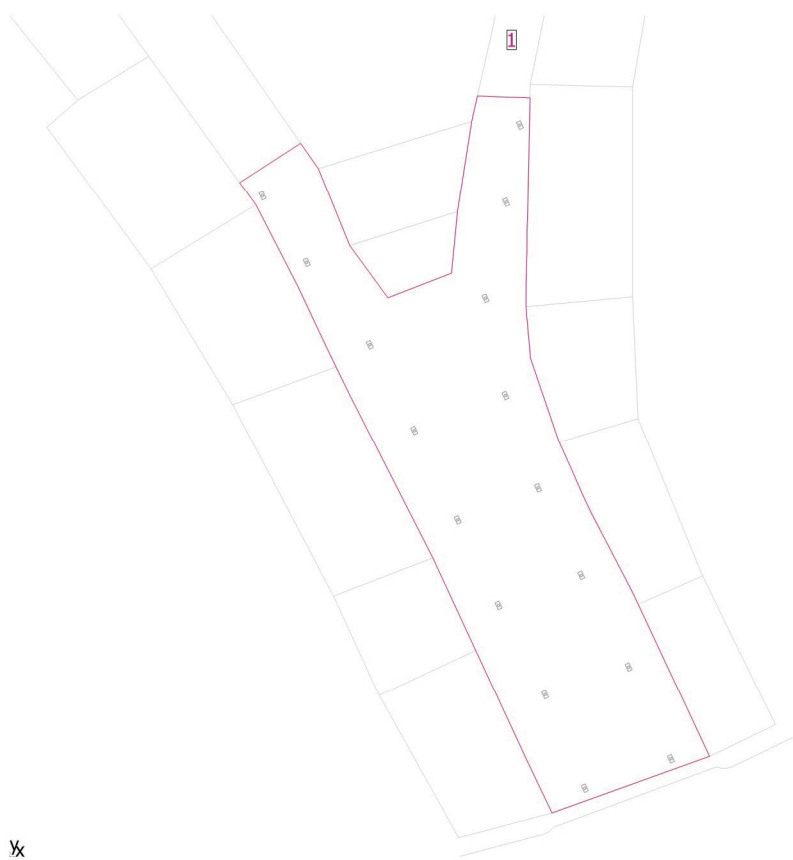
Terreno 1



Philips BSP766 FG 1 xLED27-4S/830 DM11

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	59.832	7.049	3.560	0.80
2	55.700	16.780	3.560	0.80
3	50.855	26.116	3.560	0.80
4	46.605	35.016	3.560	0.80
5	42.080	44.375	3.560	0.80
6	37.451	53.294	3.560	0.80
7	68.800	10.100	3.560	0.80
8	64.400	19.700	3.560	0.80
9	59.465	29.252	3.560	0.80
10	54.965	38.354	3.560	0.80
11	51.573	48.032	3.560	0.80
12	49.500	58.108	3.560	0.80
13	51.640	68.097	3.560	0.80
14	26.281	68.777	3.560	0.80
15	30.890	61.847	3.560	0.80
16	53.082	76.152	3.560	0.80

Terreno 1

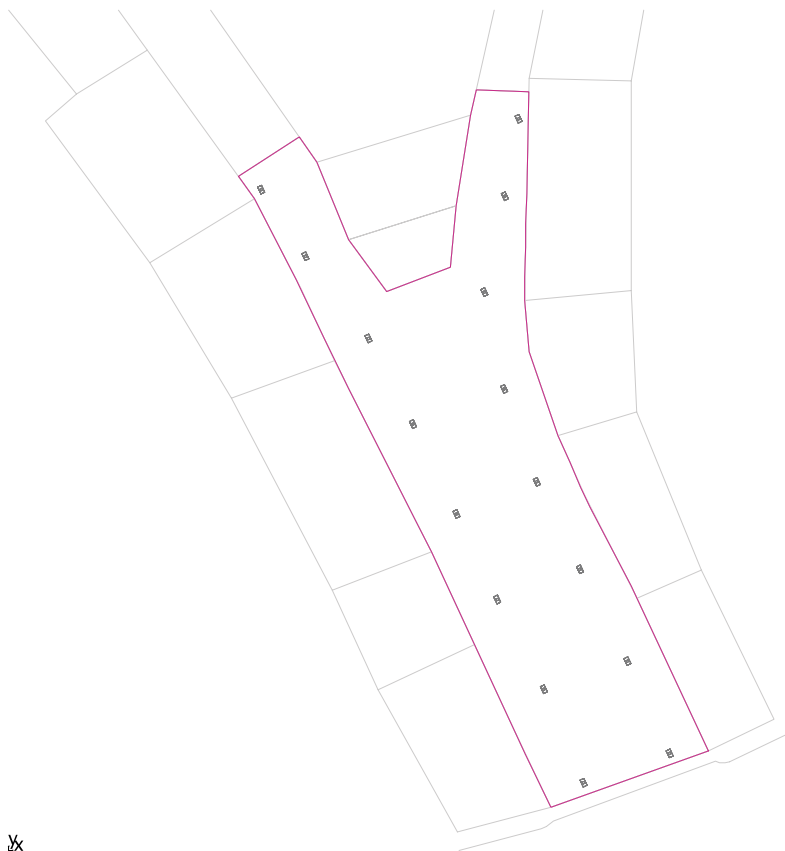


Factor de degradación: 0.80

Objetos de resultado de superficies

	Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1	Objeto de resultado de superficies 1	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx]	11.6	1.72	28.2	0.15	0.061
		Densidad lumínica [cd/m²]	1.27	0.19	3.09	0.15	0.061

Objeto de resultado de superficies 1 / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)



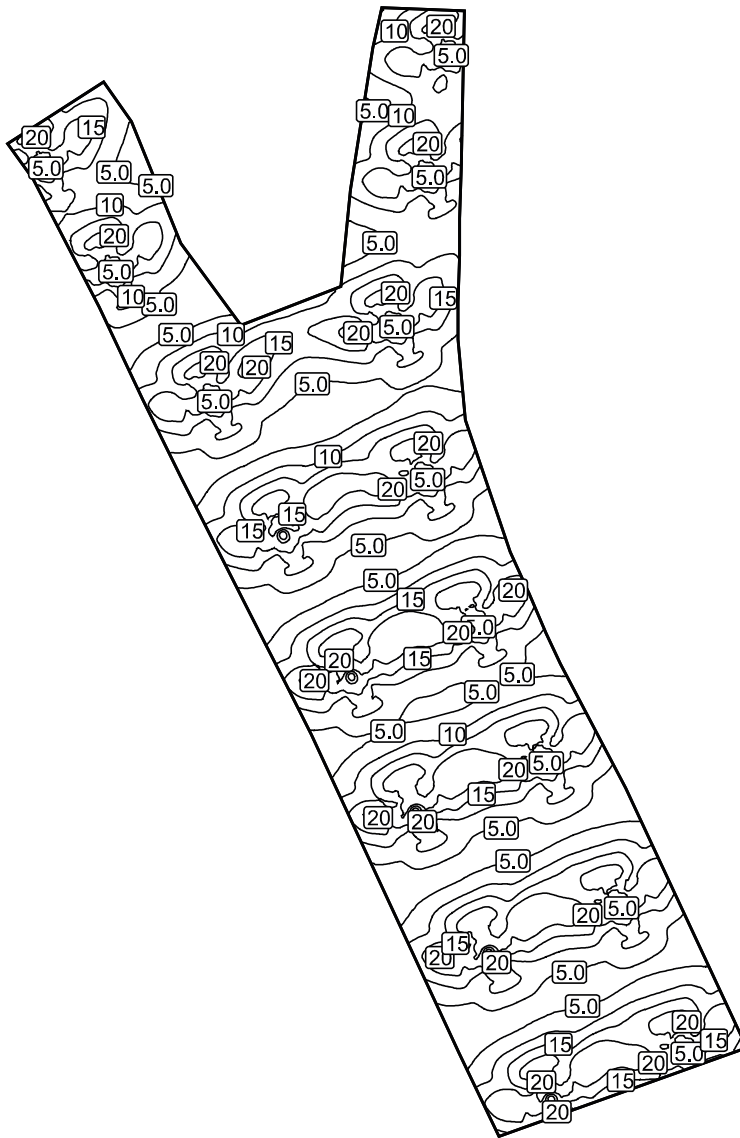
Factor de degradación: 0.80

Objeto de resultado de superficies 1: Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

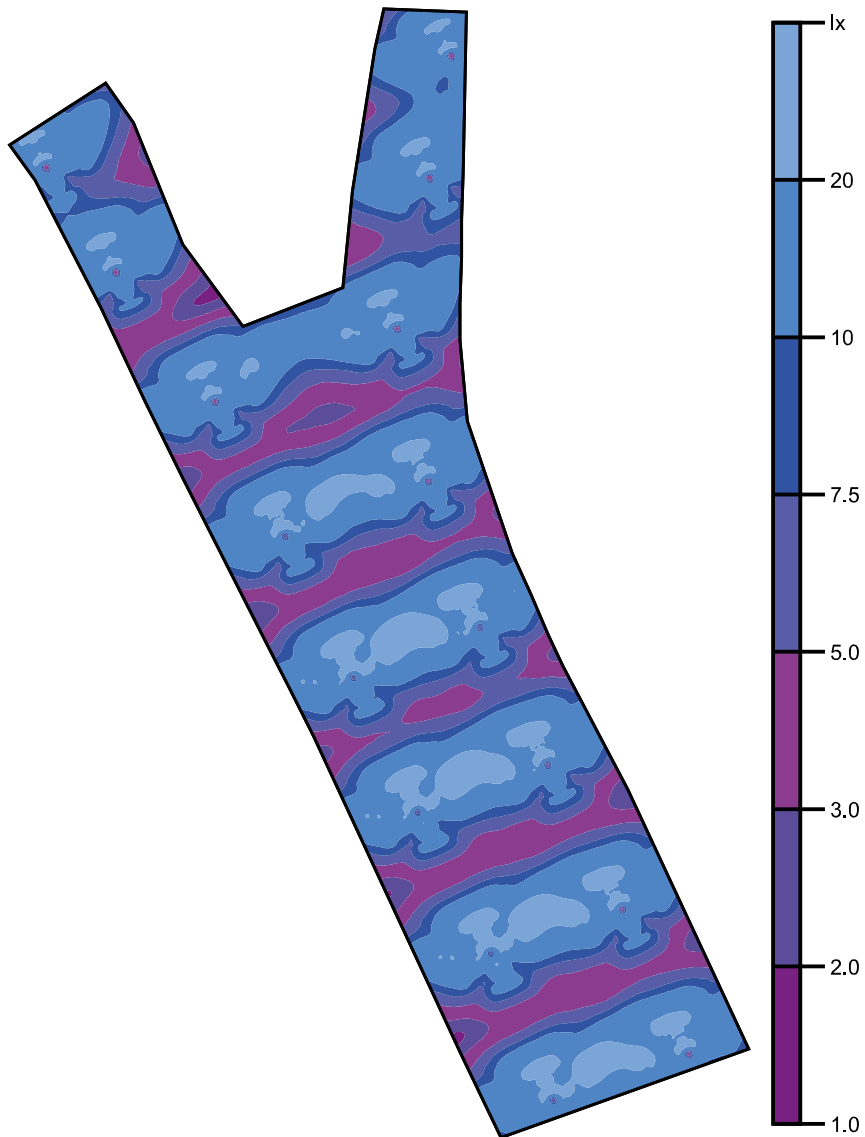
Media: 11.6 lx, Min: 1.72 lx, Max: 28.2 lx, Mín./medio: 0.15, Mín./máx.: 0.061

Isolíneas [lx]



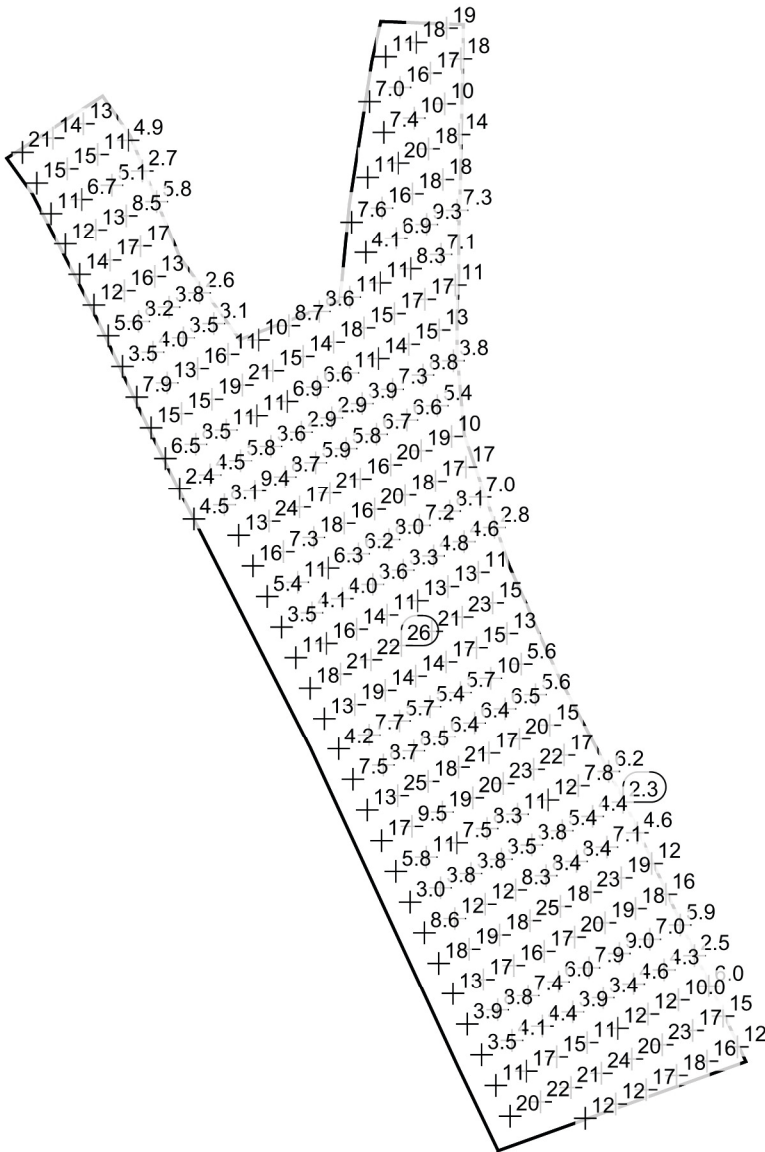
Escala: 1 : 500

Colores falsos [lx]



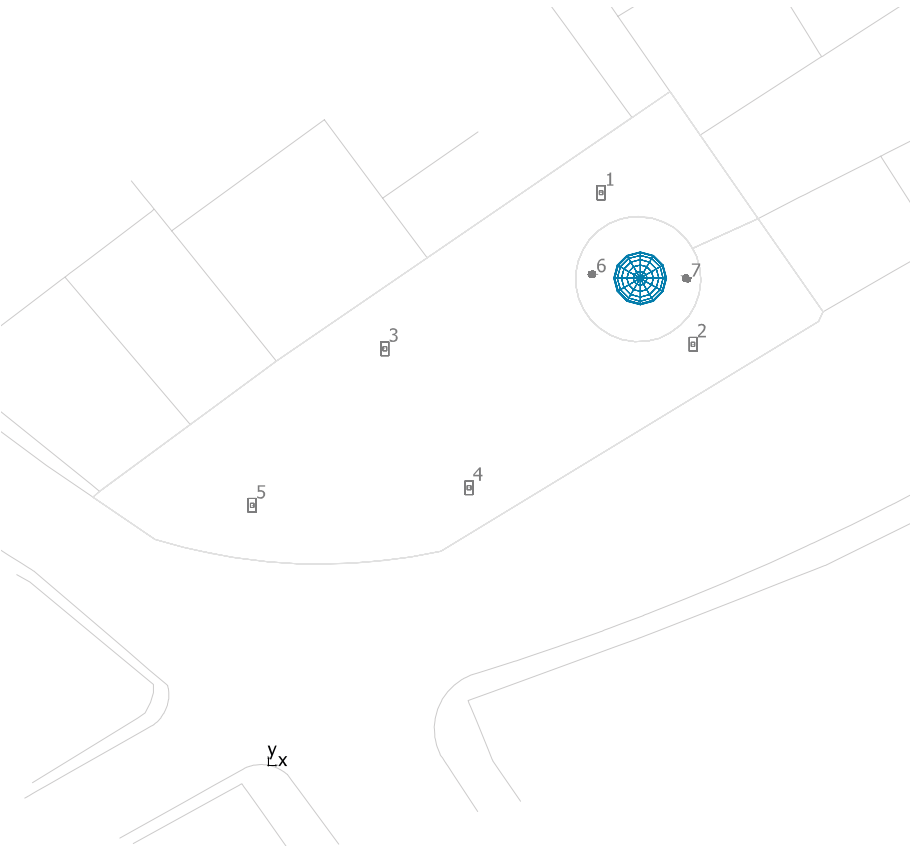
Escala: 1 : 500

Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 500

Plaza Marqués de Villavelviestre



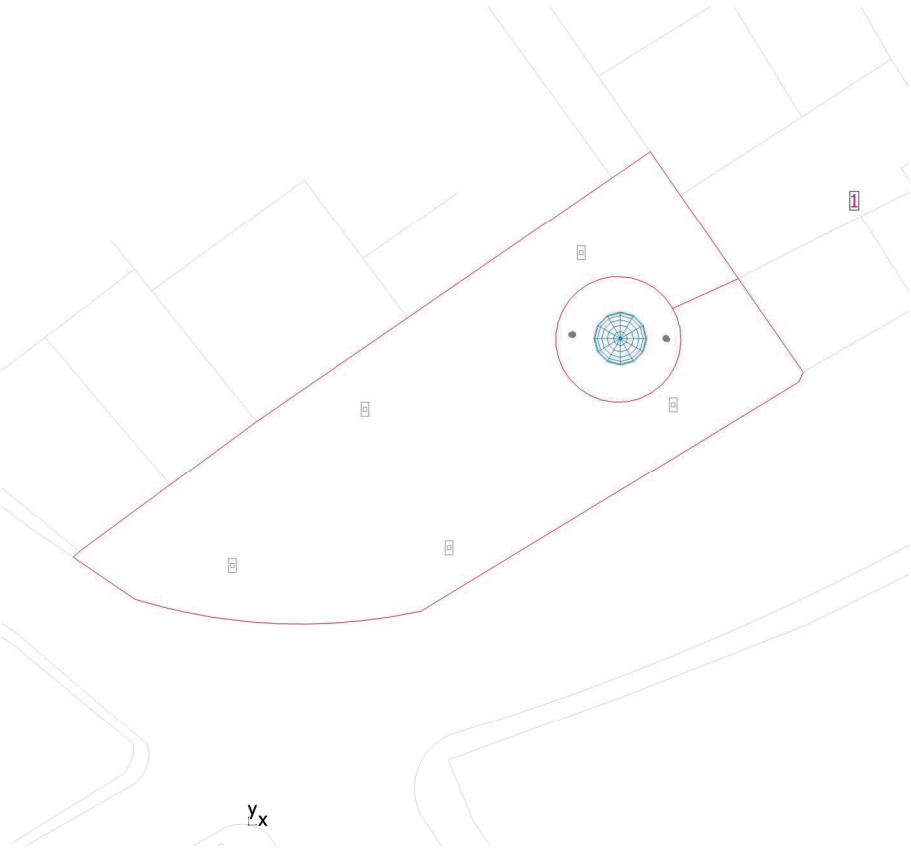
Philips BSP766 FG 1 xLED27-4S/830 DM11

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	18.890	32.507	4.000	0.80
2	24.110	23.902	4.000	0.80
3	6.610	23.652	4.000	0.80
4	11.390	15.757	4.000	0.80
5	-0.920	14.757	4.000	0.80

Philips BBP623 GC 34xLED-HB/GN A

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
6	18.407	27.877	0.300	0.80
7	23.693	27.662	0.300	0.80

Plaza Marqués de Villavelviestre

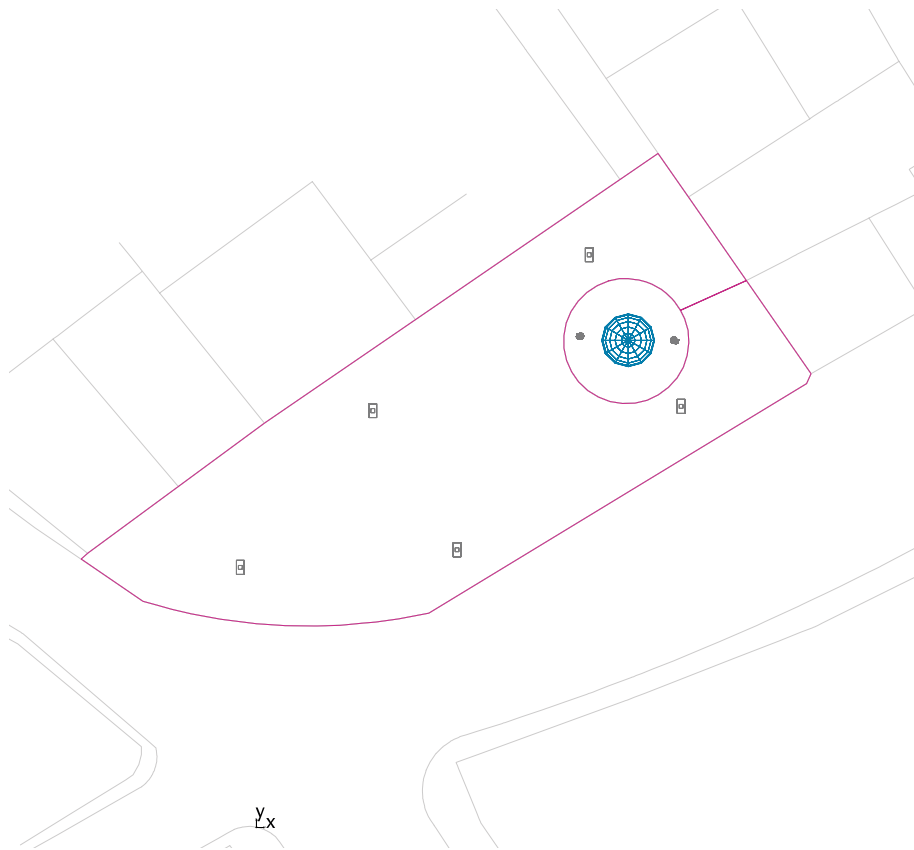


Factor de degradación: 0.80

Objetos de resultado de superficies

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1	Objeto de resultado de superficies 2 Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx]	9.33	1.75	20.2	0.19	0.087
	Densidad lumínica [cd/m²]	1.02	0.19	2.21	0.19	0.086

Objeto de resultado de superficies 2 / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)



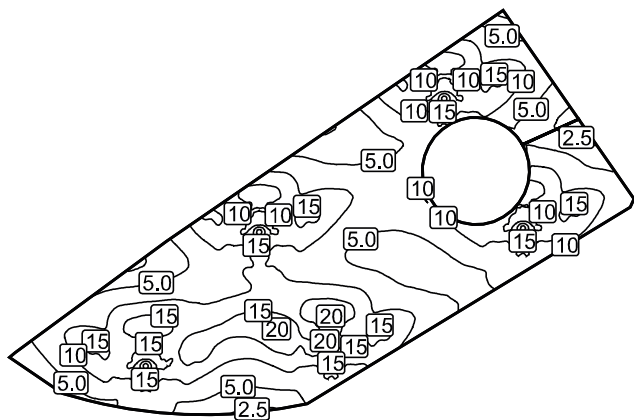
Factor de degradación: 0.80

Objeto de resultado de superficies 2: Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

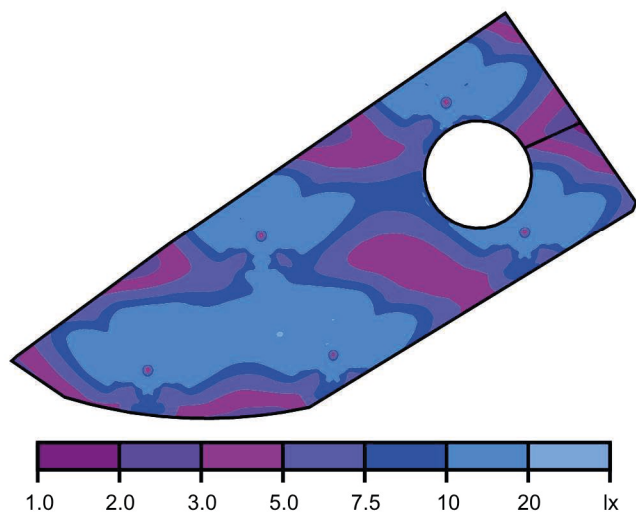
Media: 9.33 lx, Min: 1.75 lx, Max: 20.2 lx, Mín./medio: 0.19, Mín./máx.: 0.087

Isolíneas [lx]



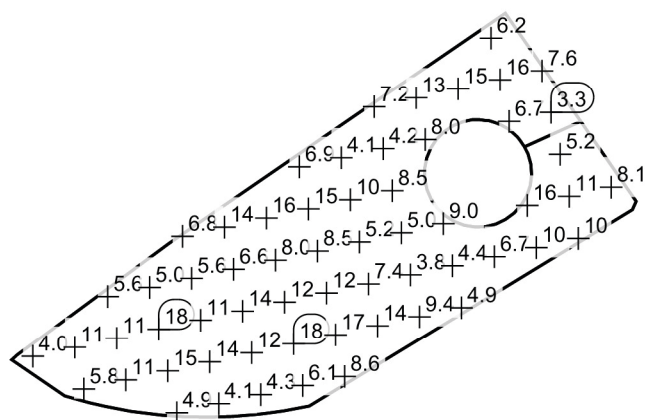
Escala: 1 : 500

Colores falsos [lx]

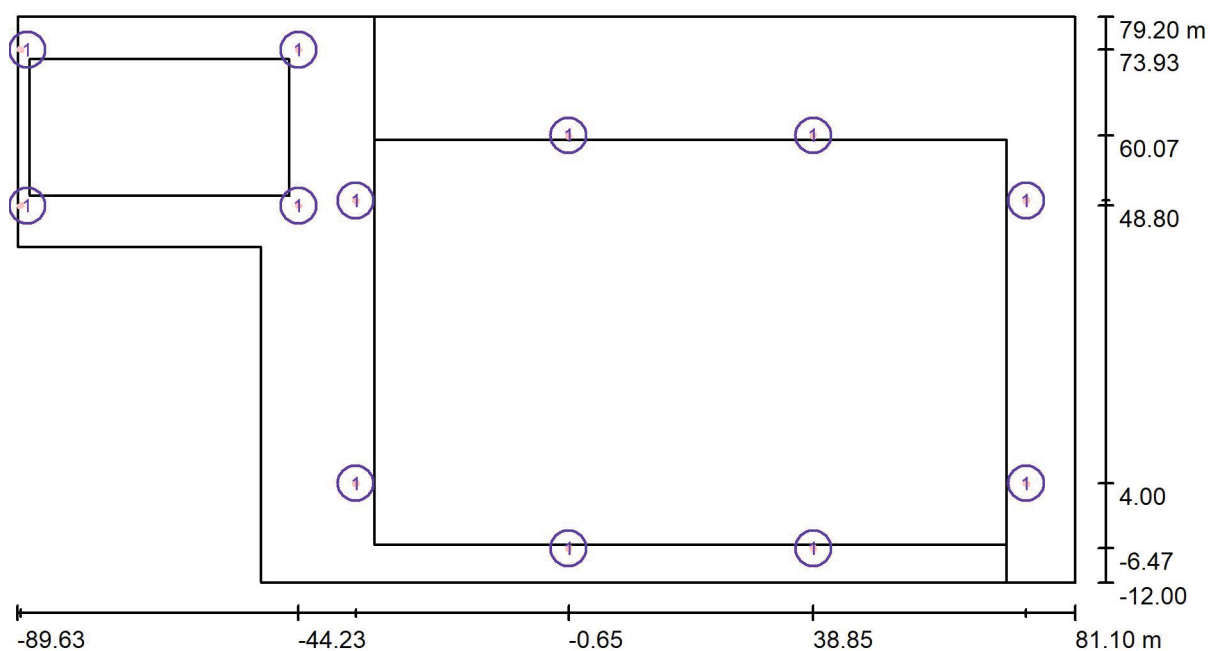


Escala: 1 : 500

Sistema de valores [lx]



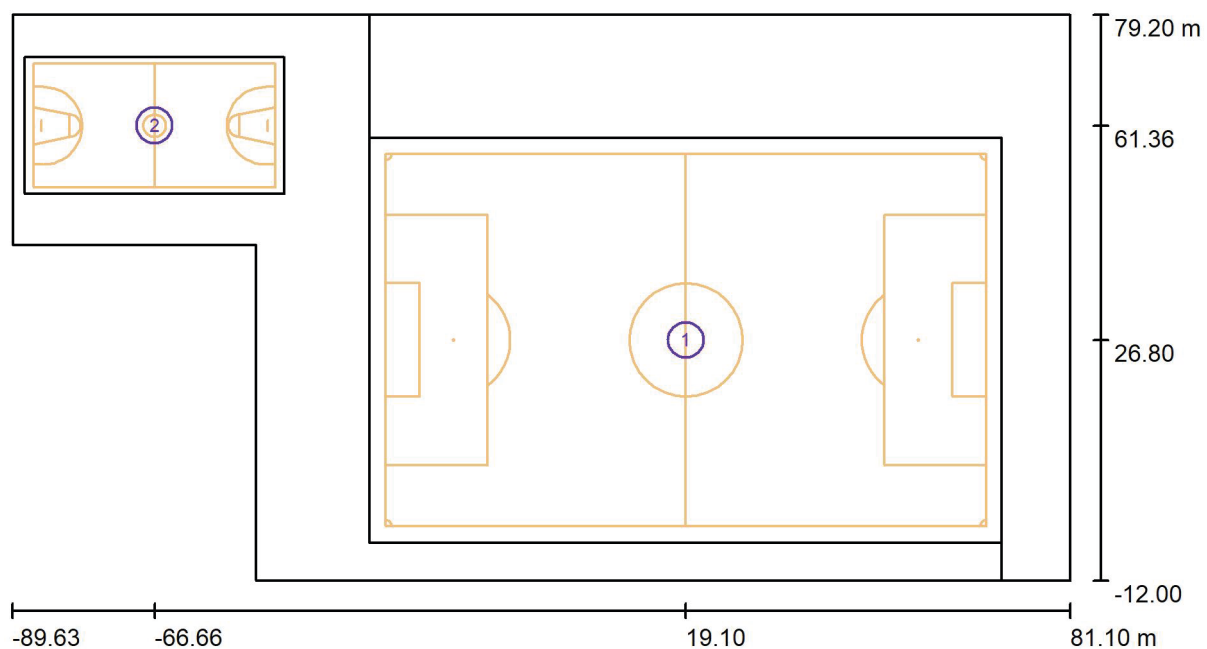
Escala: 1 : 500

**Escena exterior 1 / Luminarias (ubicación)**

Escala 1 : 1221

Lista de piezas - Luminarias

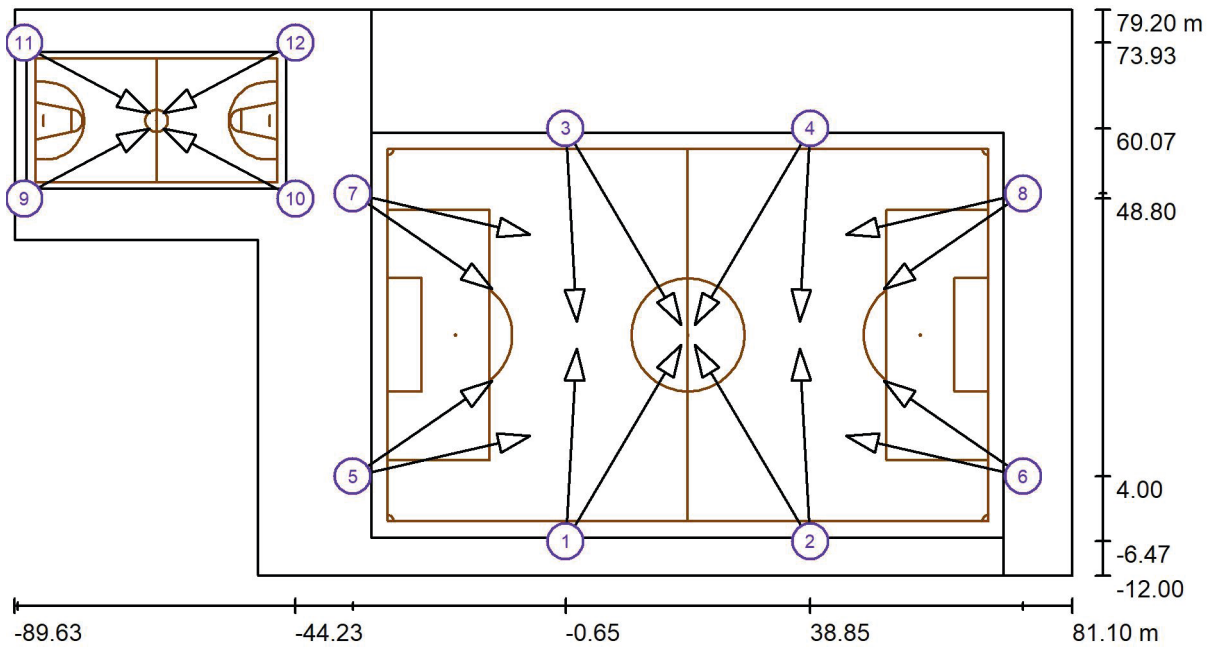
N°	Pieza	Designación
1	20	PHILIPS BVP651 T25 1 xLED800-4S/757 DX50

**Escena exterior 1 / Centros deportivos (plano de situación)**

Escala 1 : 1221

Centros deportivos-lista de unidades

N°	Pieza	Designación
1	1	Campo de fútbol
2	1	Baloncesto

Escena exterior 1 / Luminarias de deporte (lista de coordenadas)


Escala 1 : 1221

Lista de zonas luminarias deportivas

Luminaria	Índice	Posición [m]			Punto de irradiación [m]			Ángulo de irradiación [°]	Orientación	Mástil
		X	Y	Z	X	Y	Z			
PHILIPS BVP651 T25 1 xLED800- 4S/757 DX50	1	-0.648	-6.474	15.000	18.000	25.200	0.000	22.2	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS BVP651 T25 1 xLED800- 4S/757 DX50	1	-0.648	-6.474	15.000	1.100	24.600	0.000	25.7	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS BVP651 T25 1 xLED800- 4S/757 DX50	2	38.848	-6.474	15.000	20.200	25.200	0.000	22.2	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS BVP651 T25 1 xLED800- 4S/757 DX50	2	38.848	-6.474	15.000	37.100	24.600	0.000	25.7	(C 90, G IMax)	/

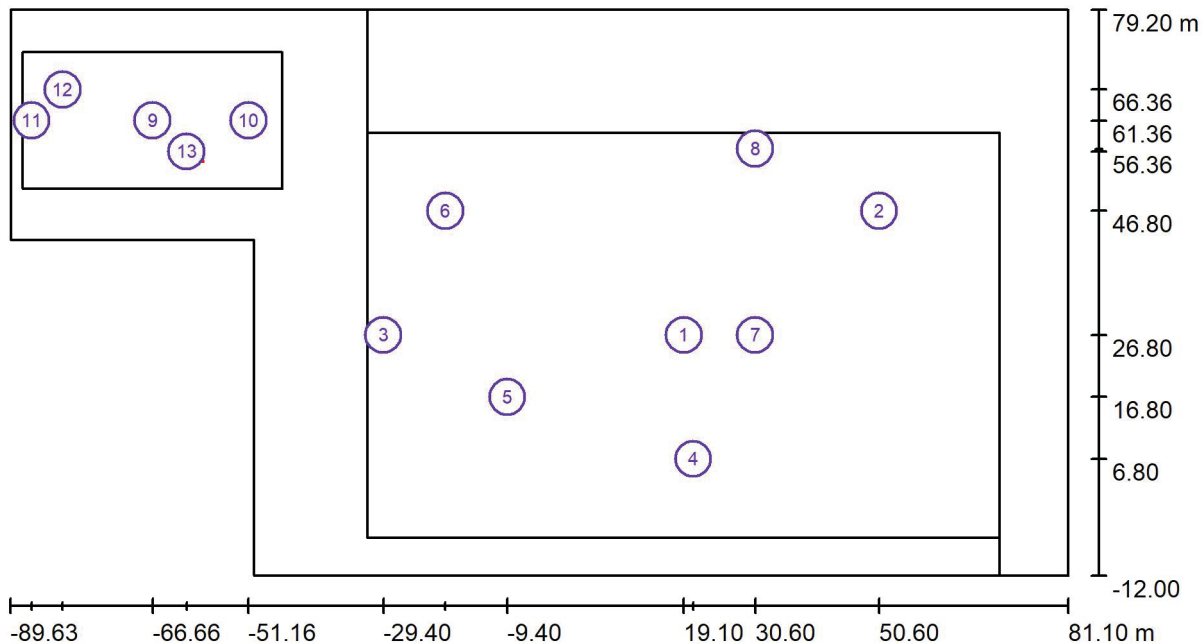


Escena exterior 1 / Luminarias de deporte (lista de coordenadas)

Lista de zonas luminarias deportivas

Luminaria	Índice	Posición [m]			Punto de irradiación [m]			Ángulo de irradiación [°]	Orientación	Mástil
		X	Y	Z	X	Y	Z			
PHILIPS BVP651 T25 1 xLED800- 4S/757 DX50	3	-0.648	60.074	15.000	18.000	28.400	0.000	22.2	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS BVP651 T25 1 xLED800- 4S/757 DX50	3	-0.648	60.074	15.000	1.100	29.000	0.000	25.7	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS BVP651 T25 1 xLED800- 4S/757 DX50	4	38.848	60.074	15.000	20.200	28.400	0.000	22.2	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS BVP651 T25 1 xLED800- 4S/757 DX50	4	38.848	60.074	15.000	37.100	29.000	0.000	25.7	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS BVP651 T25 1 xLED800- 4S/757 DX50	5	-34.987	3.998	15.000	-12.500	19.400	0.000	28.8	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS BVP651 T25 1 xLED800- 4S/757 DX50	5	-34.987	3.998	15.000	-6.400	10.550	0.000	27.1	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS BVP651 T25 1 xLED800- 4S/757 DX50	6	73.187	3.998	15.000	50.700	19.400	0.000	28.8	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS BVP651 T25 1 xLED800- 4S/757 DX50	6	73.187	3.998	15.000	44.600	10.550	0.000	27.1	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS BVP651 T25 1 xLED800- 4S/757 DX50	7	-34.987	49.602	15.000	-12.500	34.200	0.000	28.8	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS BVP651 T25 1 xLED800- 4S/757 DX50	7	-34.987	49.602	15.000	-6.400	43.050	0.000	27.1	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS BVP651 T25 1 xLED800- 4S/757 DX50	8	73.187	49.602	15.000	50.700	34.200	0.000	28.8	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS BVP651 T25 1 xLED800- 4S/757 DX50	8	73.187	49.602	15.000	44.600	43.050	0.000	27.1	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS BVP651 T25 1 xLED800- 4S/757 DX50	9	-89.100	48.800	10.000	-67.800	60.100	0.000	22.5	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS BVP651 T25 1 xLED800- 4S/757 DX50	10	-44.226	48.800	10.000	-65.526	60.100	0.000	22.5	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS BVP651 T25 1 xLED800- 4S/757 DX50	11	-89.100	73.930	10.000	-67.800	62.630	0.000	22.5	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS BVP651 T25 1 xLED800- 4S/757 DX50	12	-44.226	73.930	10.000	-65.526	62.630	0.000	22.5	(C 90, G IMax)	/

Escena exterior 1 / Observador GR (sumario de resultados)



Escala 1 : 1221

Lista de puntos de cálculo GR

Nº	Designación	Posición [m]			Área del ángulo visual [°]				Max
		X	Y	Z	Inicio	Fin	Amplitud de paso	Inclination	
1	Observador GR 129	19.100	26.800	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	34 ²⁾
2	Observador GR 130	50.600	46.800	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 ²⁾
3	Observador GR 131	-29.400	26.800	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	34 ²⁾
4	Observador GR 132	20.600	6.800	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	34 ²⁾

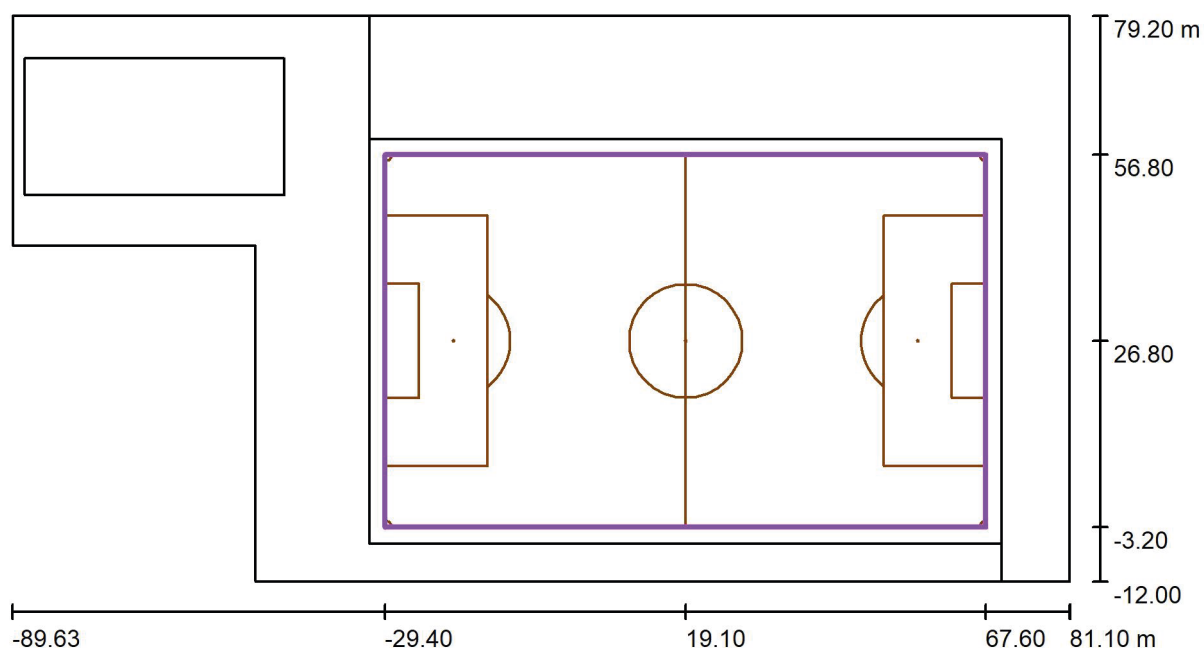


Escena exterior 1 / Observador GR (sumario de resultados)

Lista de puntos de cálculo GR

Nº	Designación	Posición [m]			Área del ángulo visual [°]				Max
		X	Y	Z	Inicio	Fin	Amplitud de paso	Inclination	
5	Observador GR 133	-9.400	16.800	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 ²⁾
6	Observador GR 134	-19.400	46.800	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	33 ²⁾
7	Observador GR 135	30.600	26.800	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 ²⁾
8	Observador GR 136	30.600	56.800	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	29 ²⁾
9	Observador GR 137	-66.663	61.365	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	34 ²⁾
10	Observador GR 138	-51.163	61.365	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
11	Observador GR 139	-86.163	61.365	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	33 ²⁾
12	Observador GR 140	-81.163	66.365	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
13	Observador GR 141	-61.163	56.365	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 ²⁾

2) La luminancia difusa equivalente del entorno que ha sido calculada presupone que el entorno presenta una reflexión completamente difusa (conforme a la norma EN 12464-2).


Escena exterior 1 / Campo de fútbol 1 trama de cálculo (PA) / Resumen


Escala 1 : 1221

Posición: (19.100 m, 26.800 m, 0.000 m)
 Tamaño: (97.000 m, 60.000 m)
 Rotación: (0.0°, 0.0°, 0.0°)
 Tipo: Normal, Trama: 19 x 11 Puntos
 Pertenece al siguiente centro deportivo: Campo de fútbol 1

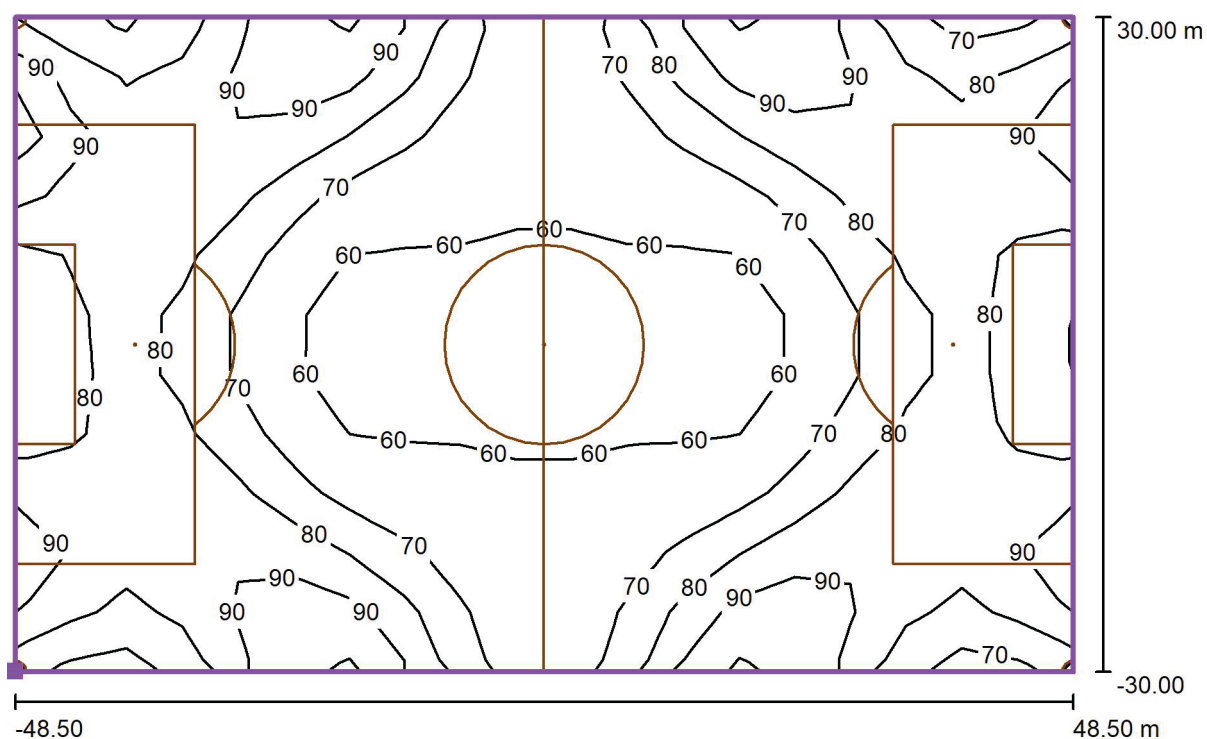
Sumario de los resultados

N°	Tipo	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}	$E_{h\ m} / E_m$	H [m]	Cámara
1	horizontal	75	56	101	0.74	0.55	/	0.000	/

$E_{h\ m} / E_m$ = Relación entre la intensidad lumínica central horizontal y vertical, H = Medición altura

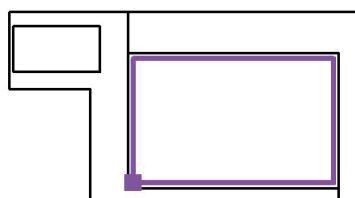


Escena exterior 1 / Campo de fútbol 1 trama de cálculo (PA) / Isolíneas (E, horizontal)



Valores en Lux, Escala 1 : 694

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado: (-29.400 m, -3.200 m, 0.000 m)



Trama: 19 x 11 Puntos

E_m [lx]
75

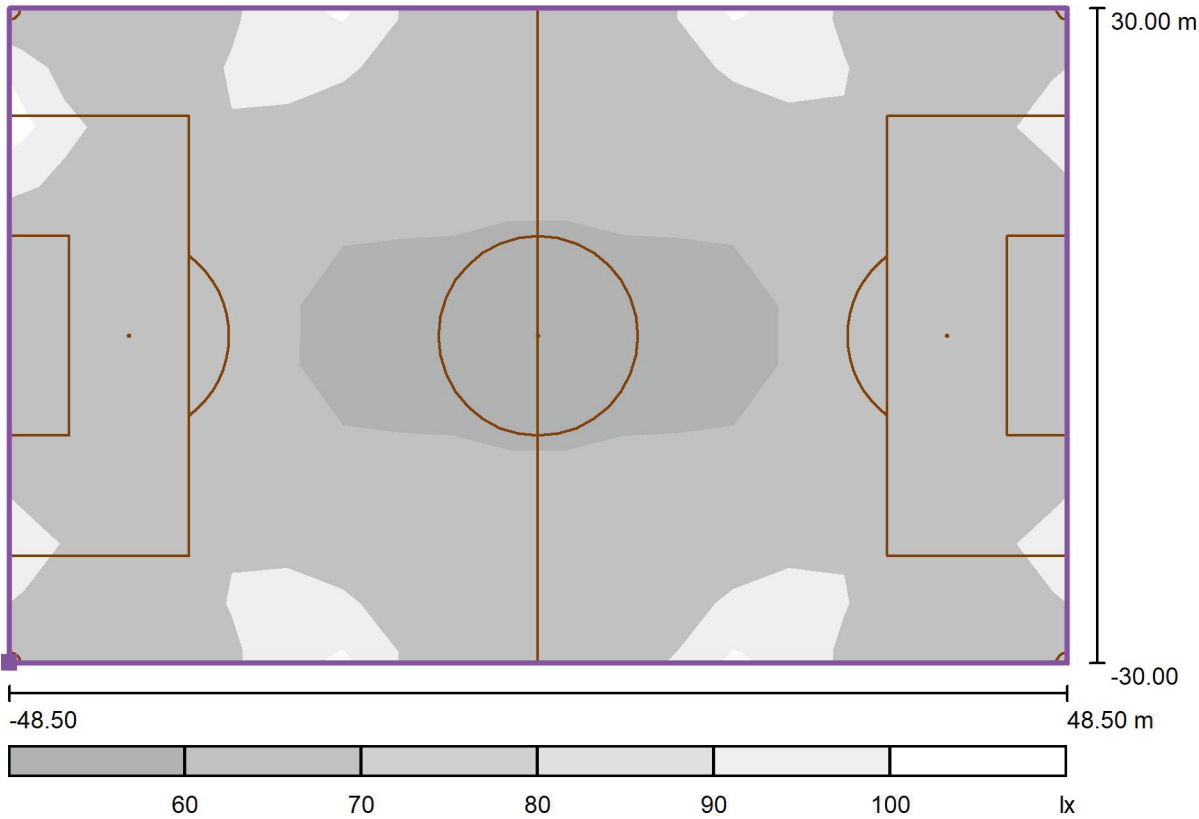
E_{min} [lx]
56

E_{max} [lx]
101

E_{min} / E_m
0.74

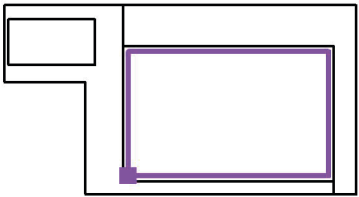
E_{min} / E_{max}
0.55

Escena exterior 1 / Campo de fútbol 1 trama de cálculo (PA) / Gama de grises (E, horizontal)



Escala 1 : 694

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado: (-29.400 m, -3.200 m, 0.000 m)

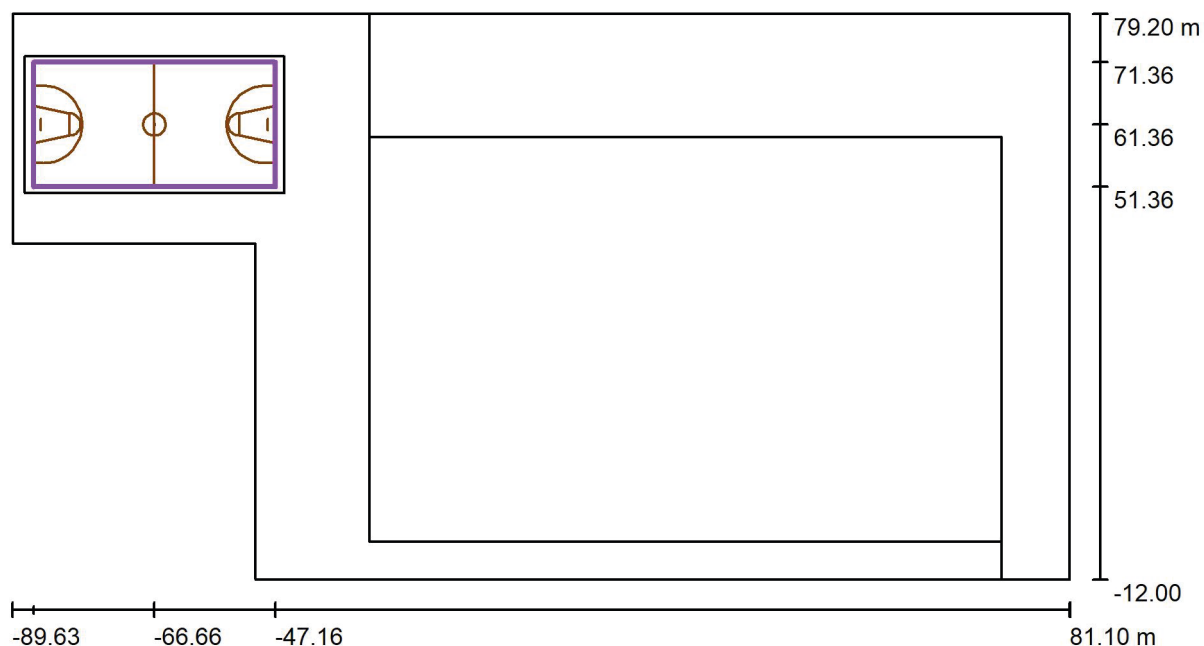


Trama: 19 x 11 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
75	56	101	0.74	0.55



Escena exterior 1 / Baloncesto 1 trama de cálculo (PA) / Resumen



Escala 1 : 1221

Posición: (-66.663 m, 61.365 m, 0.000 m)

Tamaño: (39.000 m, 20.000 m)

Rotación: (0.0°, 0.0°, 0.0°)

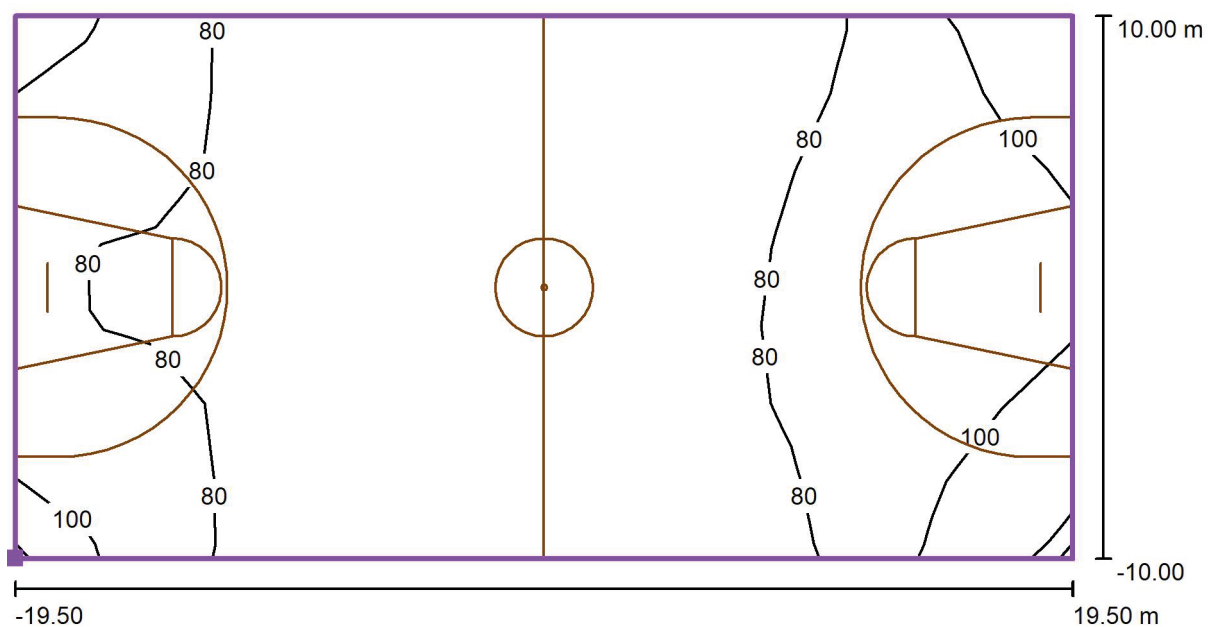
Tipo: Normal, Trama: 15 x 7 Puntos

Pertenece al siguiente centro deportivo: Baloncesto 1

Sumario de los resultados

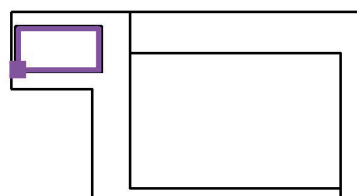
N°	Tipo	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}	$E_{h\ m} / E_m$	H [m]	Cámara
1	horizontal	80	66	117	0.83	0.57	/	0.000	/

 $E_{h\ m} / E_m$ = Relación entre la intensidad lumínica central horizontal y vertical, H = Medición altura


Escena exterior 1 / Baloncesto 1 trama de cálculo (PA) / Isolíneas (E, horizontal)


Valores en Lux, Escala 1 : 279

Situación de la superficie en la
 escena exterior:
 Punto marcado: (-86.163 m,
 51.365 m, 0.000 m)

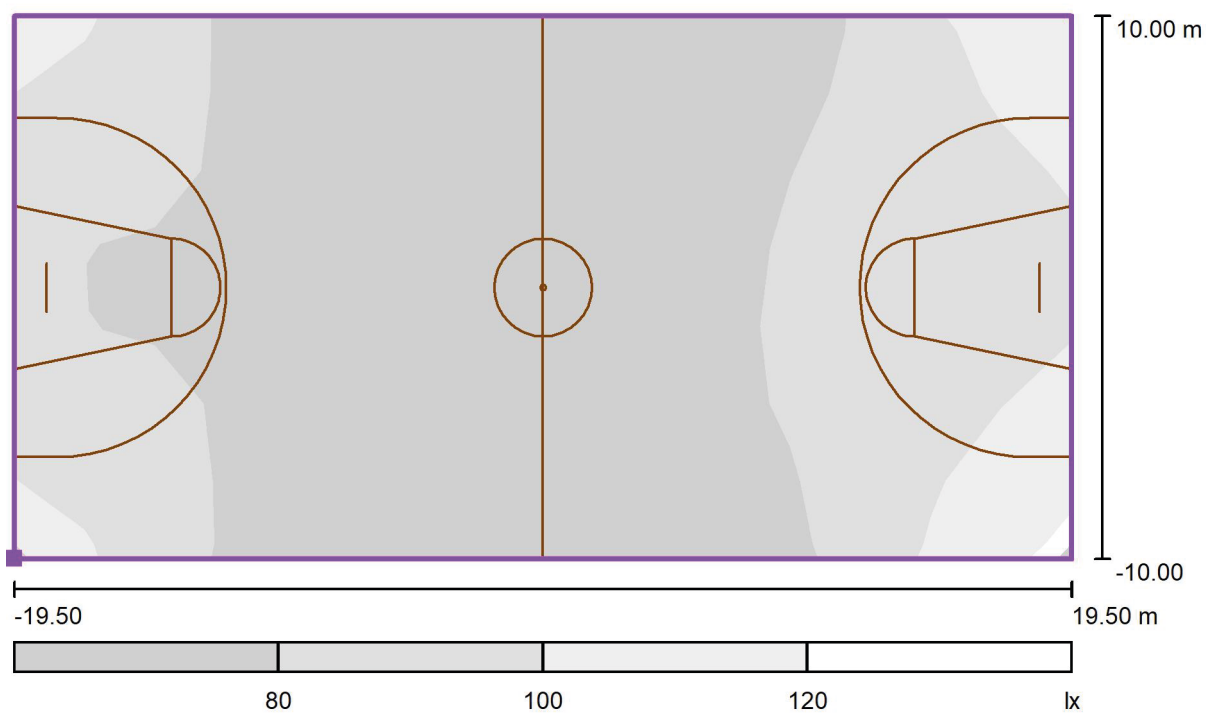


Trama: 15 x 7 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
80	66	117	0.83	0.57

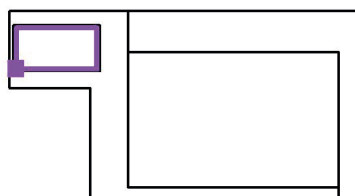


Escena exterior 1 / Baloncesto 1 trama de cálculo (PA) / Gama de grises (E, horizontal)



Escala 1 : 279

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado: (-86.163 m, 51.365 m, 0.000 m)



Trama: 15 x 7 Puntos

E_m [lx]
80

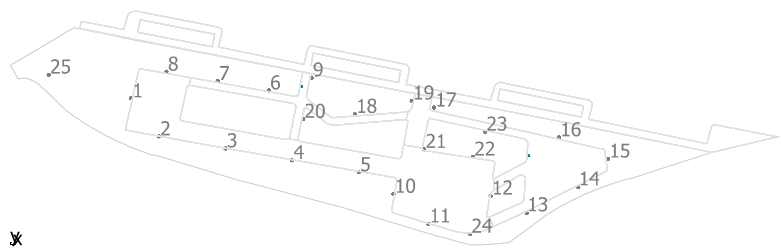
E_{min} [lx]
66

E_{max} [lx]
117

E_{min} / E_m
0.83

E_{min} / E_{max}
0.57

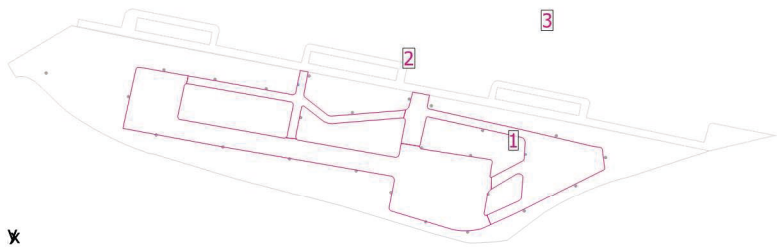
Terreno 1



Philips BDS490 T35 1 xCG20-4S/740 A

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	25.101	30.540	4.000	0.80
2	30.886	22.592	4.000	0.80
3	44.761	20.109	4.000	0.80
4	58.637	17.625	4.000	0.80
5	72.512	15.142	4.000	0.80
6	53.779	32.171	4.000	0.80
7	43.136	34.114	4.000	0.80
8	32.493	36.057	4.000	0.80
9	62.711	34.806	4.000	0.80
10	79.768	10.610	4.000	0.80
11	86.977	4.400	4.000	0.80
12	99.972	10.222	4.000	0.80
13	107.495	6.637	4.000	0.80
14	118.217	12.026	4.000	0.80
15	124.422	17.922	4.000	0.80
16	114.168	22.418	4.000	0.80
17	88.179	28.631	4.000	0.80
18	71.722	27.222	4.000	0.80
19	83.569	30.018	4.000	0.80
20	60.969	26.194	4.000	0.80
21	86.142	19.917	4.000	0.80
22	96.322	18.322	4.000	0.80
23	98.833	23.521	4.000	0.80
24	95.722	2.278	4.000	0.80
25	7.978	35.422	4.000	0.80

Terreno 1

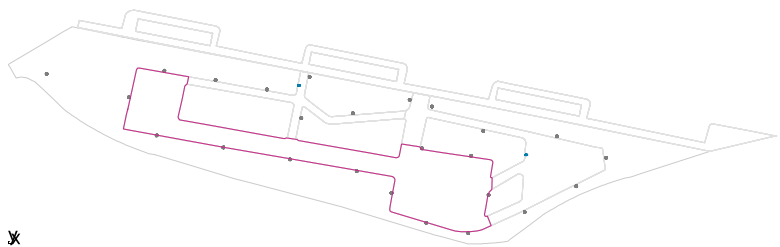


Factor de degradación: 0.80

Objetos de resultado de superficies

	Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1	Superficie 1	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx]	8.06	2.20	21.5	0.27	0.10
		Densidad luminica [cd/m²]	0.95	0.26	2.54	0.27	0.10
2	Superficie 2	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx]	9.70	3.00	20.6	0.31	0.15
		Densidad luminica [cd/m²]	1.15	0.35	2.43	0.30	0.14
3	Superficie 3	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx]	9.49	3.48	24.5	0.37	0.14
		Densidad luminica [cd/m²]	1.12	0.41	2.89	0.37	0.14

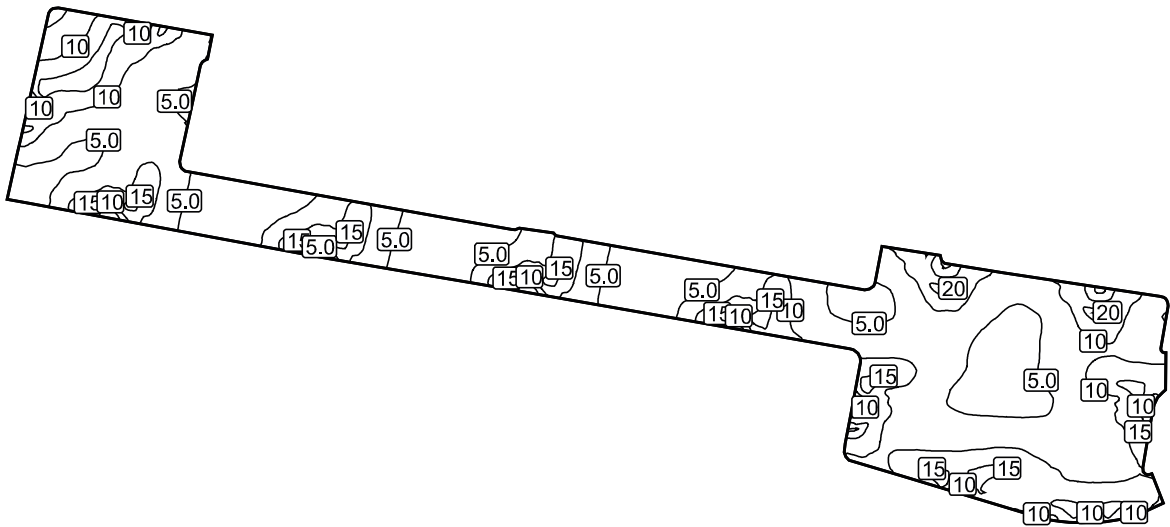
Superficie 1 / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)



Factor de degradación: 0.80

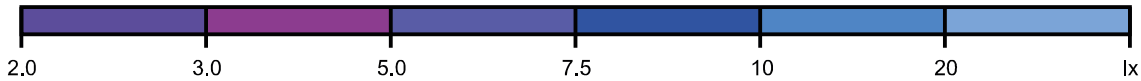
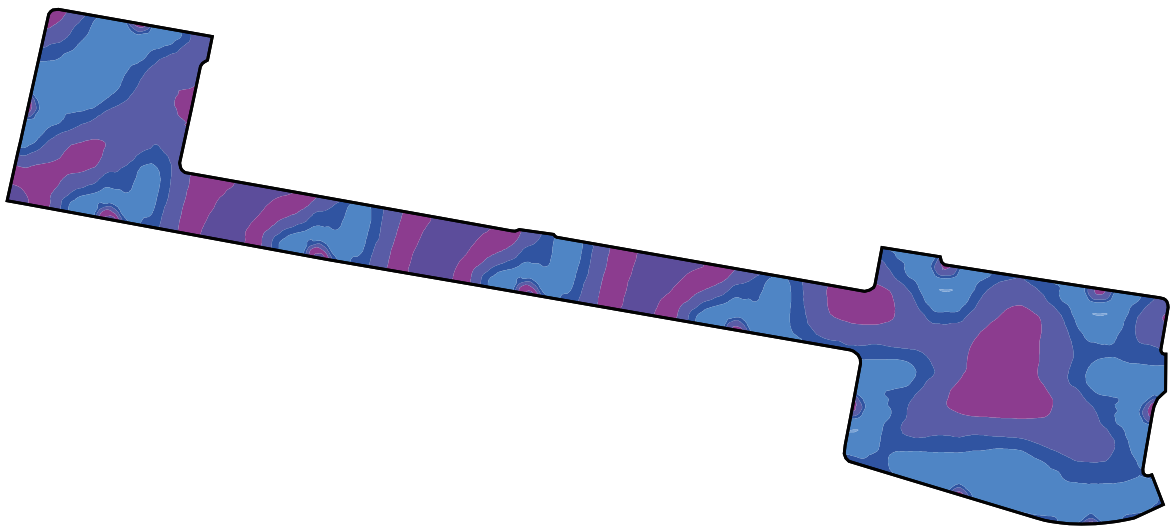
Superficie 1: Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)
Escena de luz: Escena de luz 1
Media: 8.06 lx, Min: 2.20 lx, Max: 21.5 lx, Mín./medio: 0.27, Mín./máx.: 0.10

Isolíneas [lx]

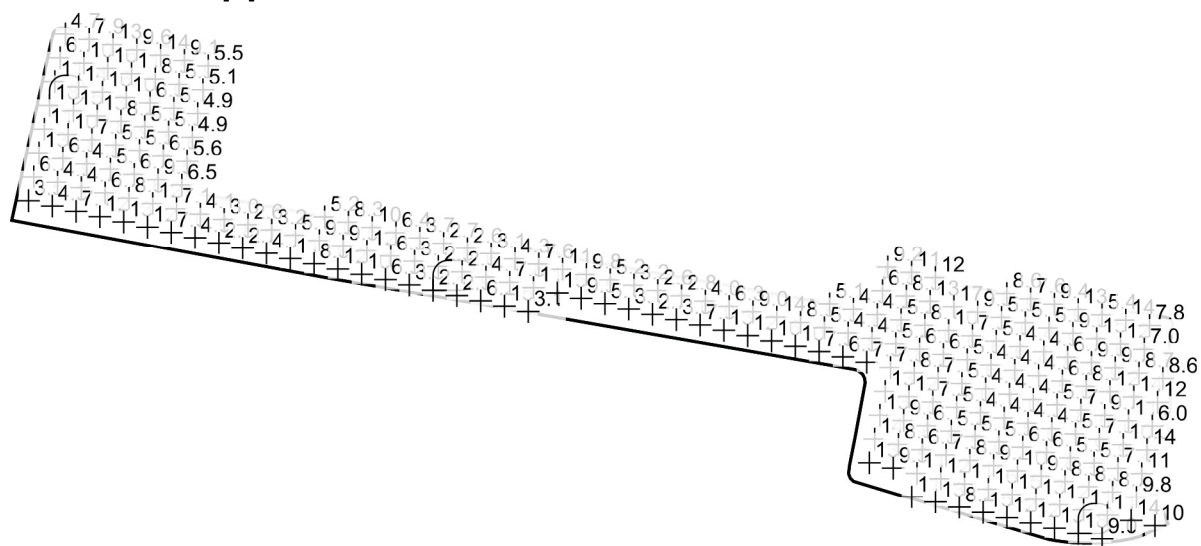


Escala: 1 : 500

Colores falsos [lx]

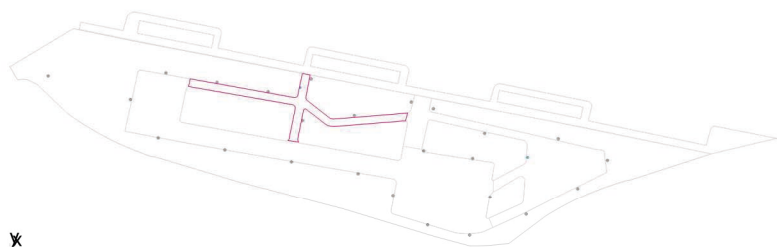


Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 500

Superficie 2 / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)



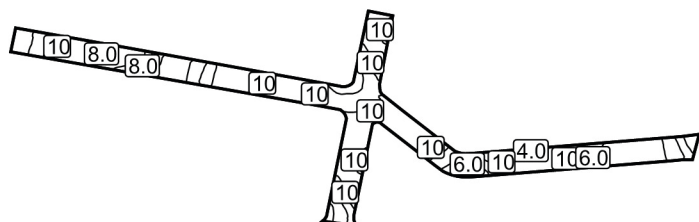
Factor de degradación: 0.80

Superficie 2: Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

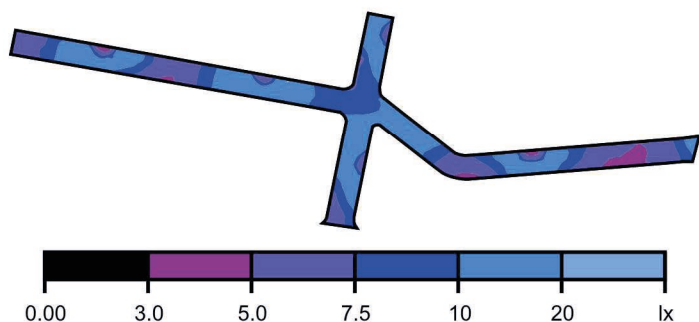
Media: 9.70 lx, Min: 3.00 lx, Max: 20.6 lx, Mín./medio: 0.31, Mín./máx.: 0.15

Isolíneas [lx]



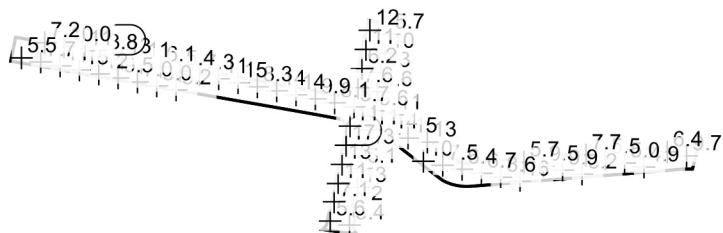
Escala: 1 : 500

Colores falsos [lx]



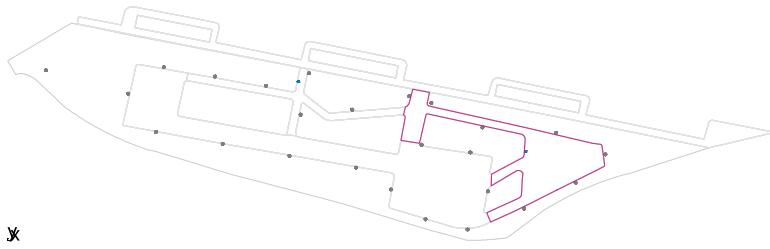
Escala: 1 : 500

Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 500

Superficie 3 / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)



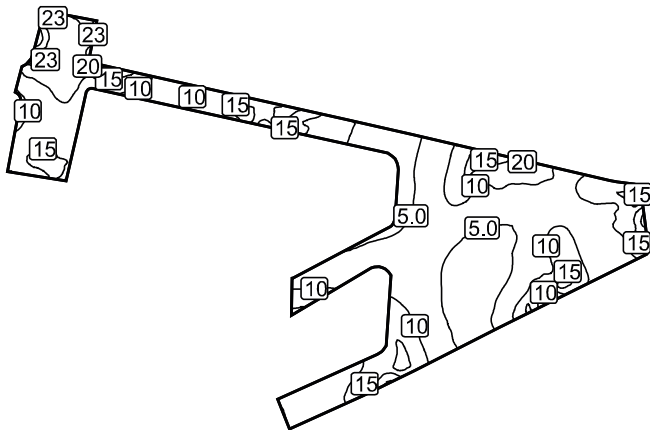
Factor de degradación: 0.80

Superficie 3: Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

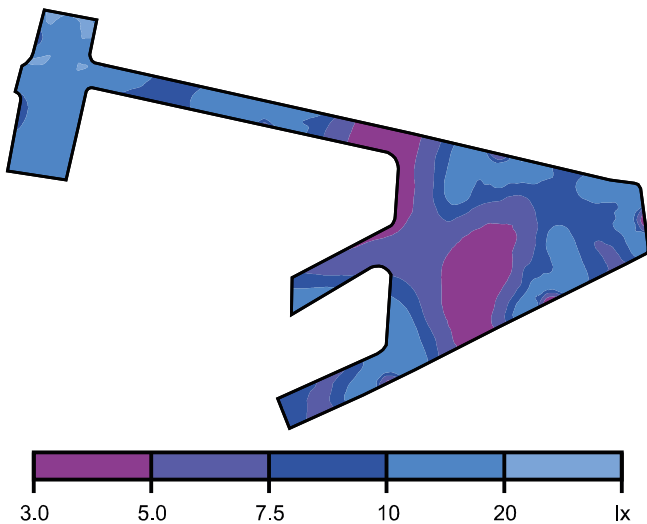
Media: 9.49 lx, Min: 3.48 lx, Max: 24.5 lx, Mín./medio: 0.37, Mín./máx.: 0.14

Isolíneas [lx]



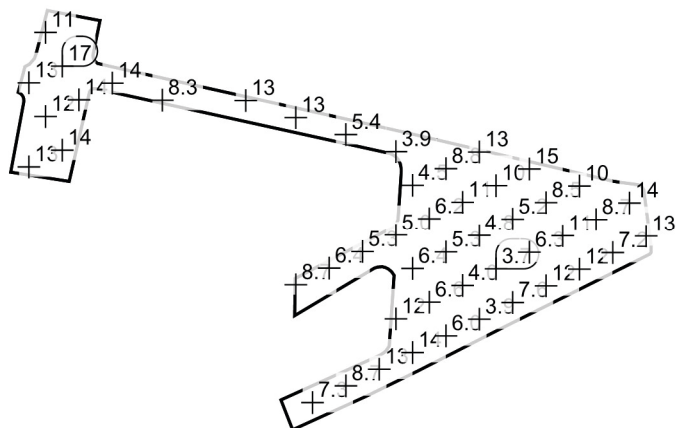
Escala: 1 : 500

Colores falsos [lx]



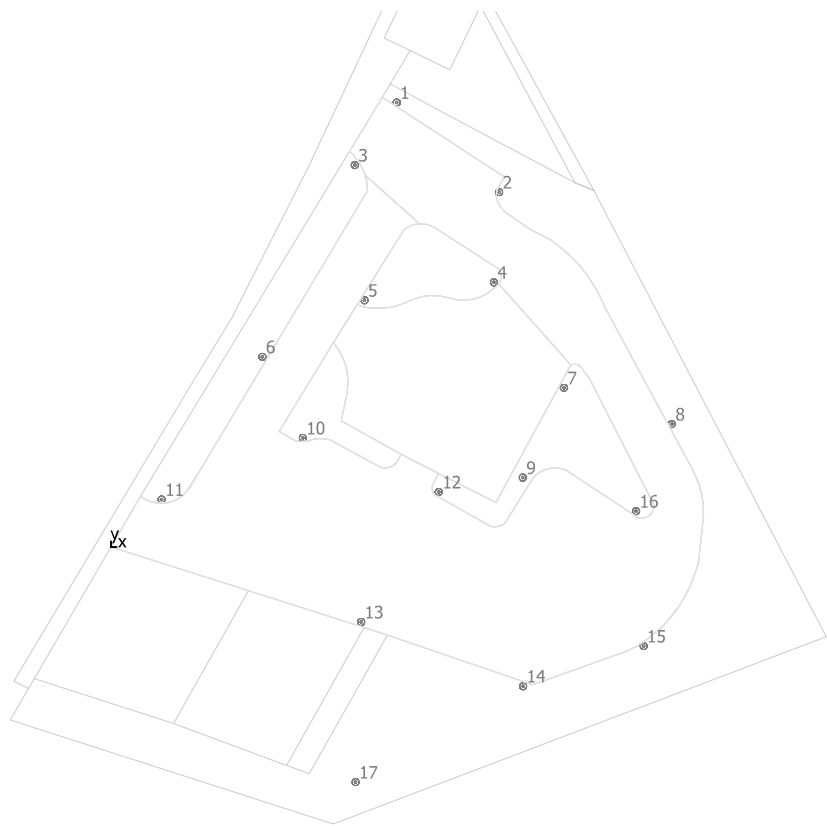
Escala: 1 : 500

Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 500

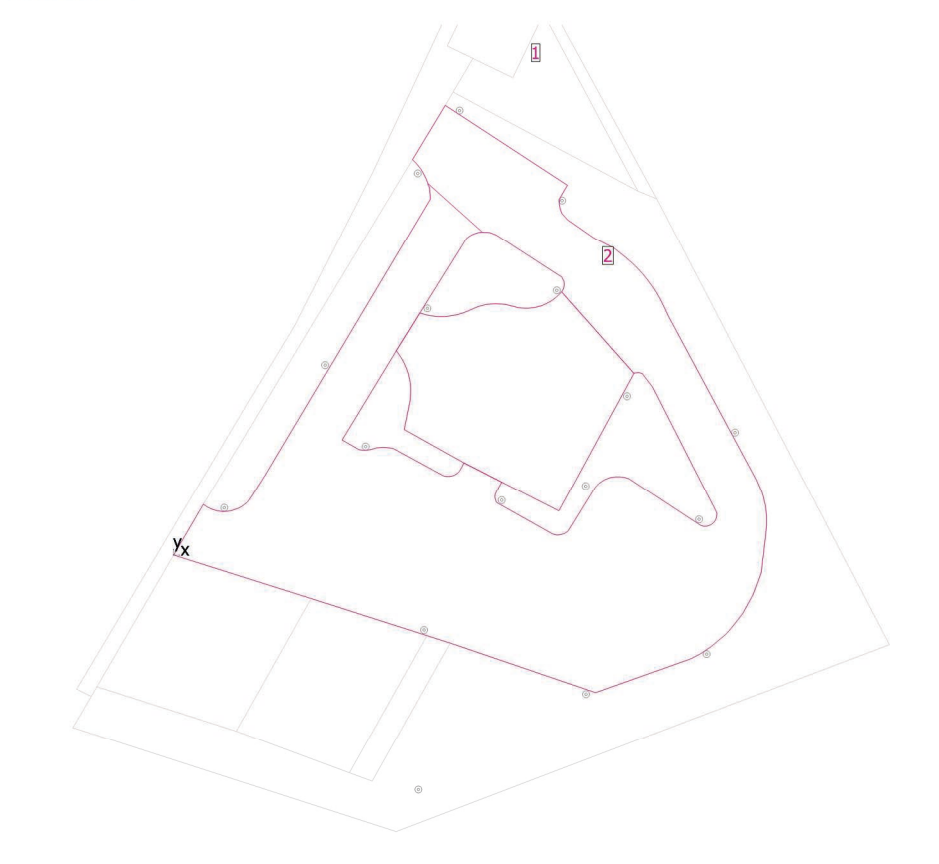
Terreno 1



Philips BDS490 T35 1 xCG20-4S/740 A

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	22.302	34.699	4.000	0.80
2	30.302	27.699	4.000	0.80
3	19.041	29.811	4.000	0.80
4	29.892	20.661	4.000	0.80
5	19.792	19.261	4.000	0.80
6	11.819	14.843	4.000	0.80
7	35.364	12.419	4.000	0.80
8	43.791	9.596	4.000	0.80
9	32.145	5.418	4.000	0.80
10	14.974	8.512	4.000	0.80
11	3.948	3.702	4.000	0.80
12	25.591	4.296	4.000	0.80
13	19.533	-5.854	4.000	0.80
14	32.175	-10.867	4.000	0.80
15	41.578	-7.737	4.000	0.80
16	40.991	2.796	4.000	0.80
17	19.091	-18.354	4.000	0.80

Terreno 1

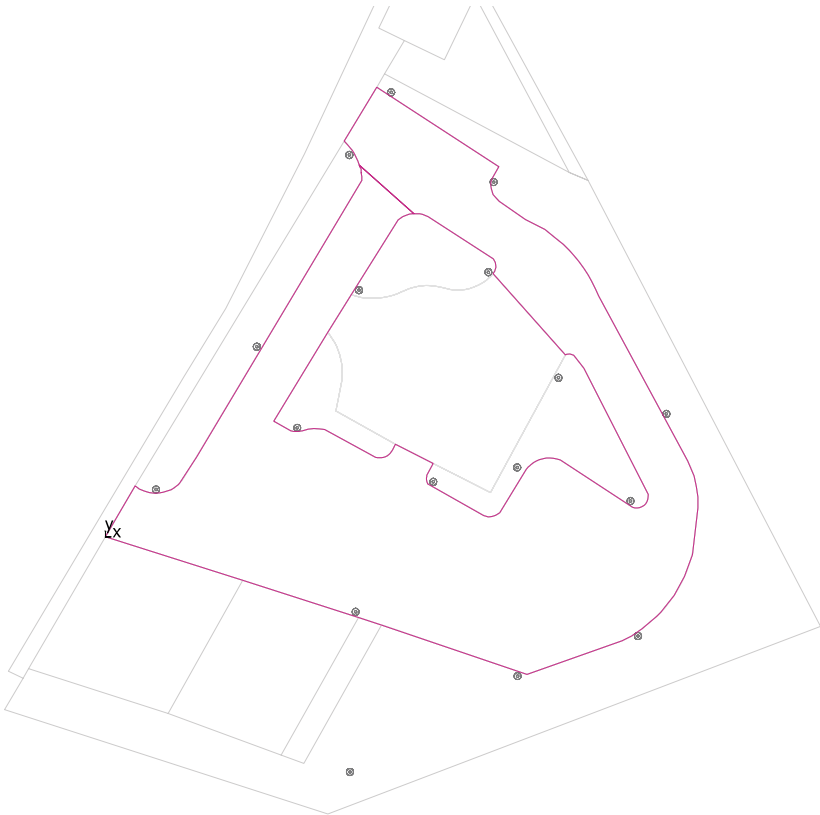


Factor de degradación: 0.80

Objetos de resultado de superficies

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1	Objeto de resultado de superficies 1 Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx]	8.12	1.84	26.5	0.23	0.069
	Densidad lumínica [cd/m²]	0.96	0.22	3.13	0.23	0.070
2	Objeto de resultado de superficies 2 Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx]	9.25	4.42	23.1	0.48	0.19
	Densidad lumínica [cd/m²]	1.09	0.52	2.73	0.48	0.19

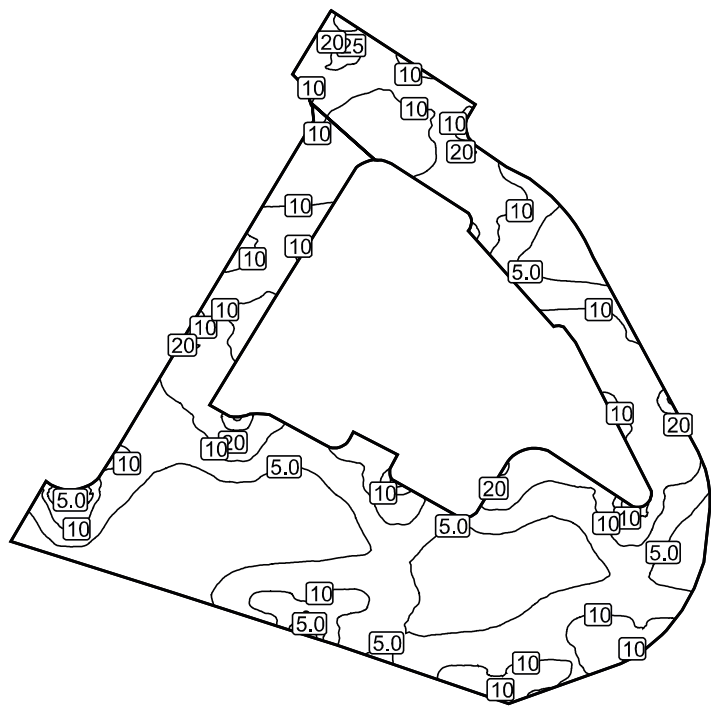
Objeto de resultado de superficies 1 / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)



Factor de degradación: 0.80

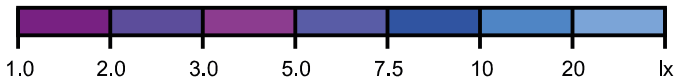
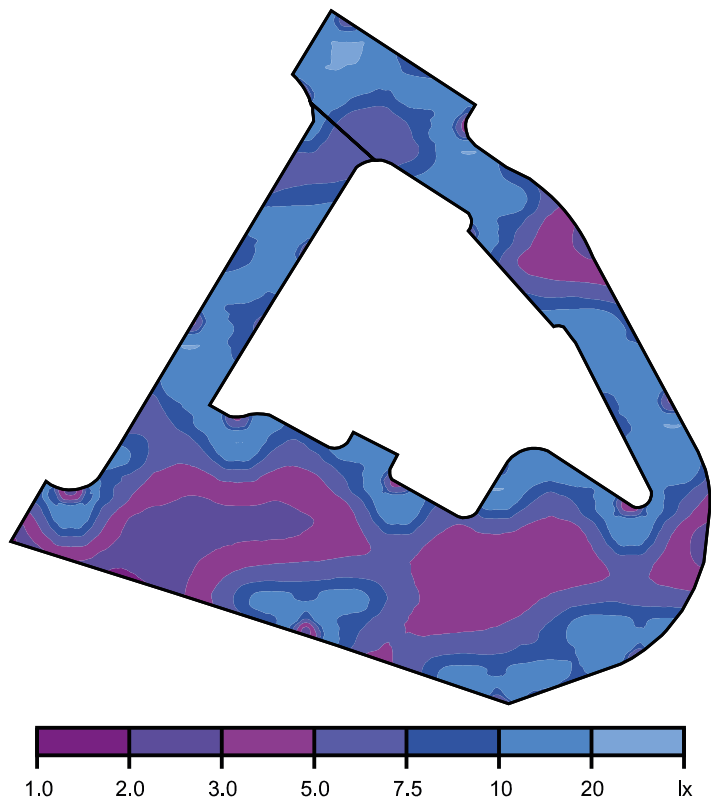
Objeto de resultado de superficies 1: Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)
Escena de luz: Escena de luz 1
Media: 8.12 lx, Min: 1.84 lx, Max: 26.5 lx, Mín./medio: 0.23, Mín./máx.: 0.069

Isolíneas [lx]



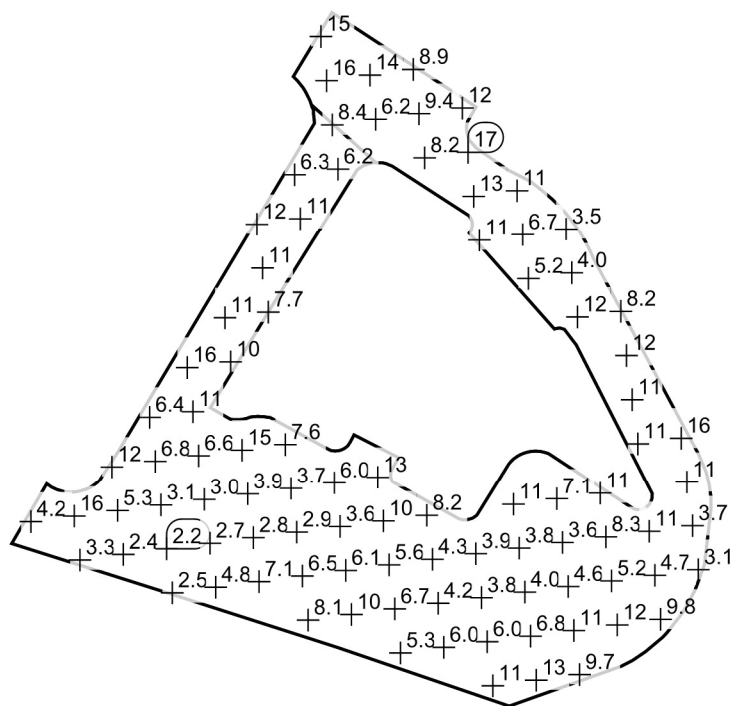
Escala: 1 : 500

Colores falsos [lx]



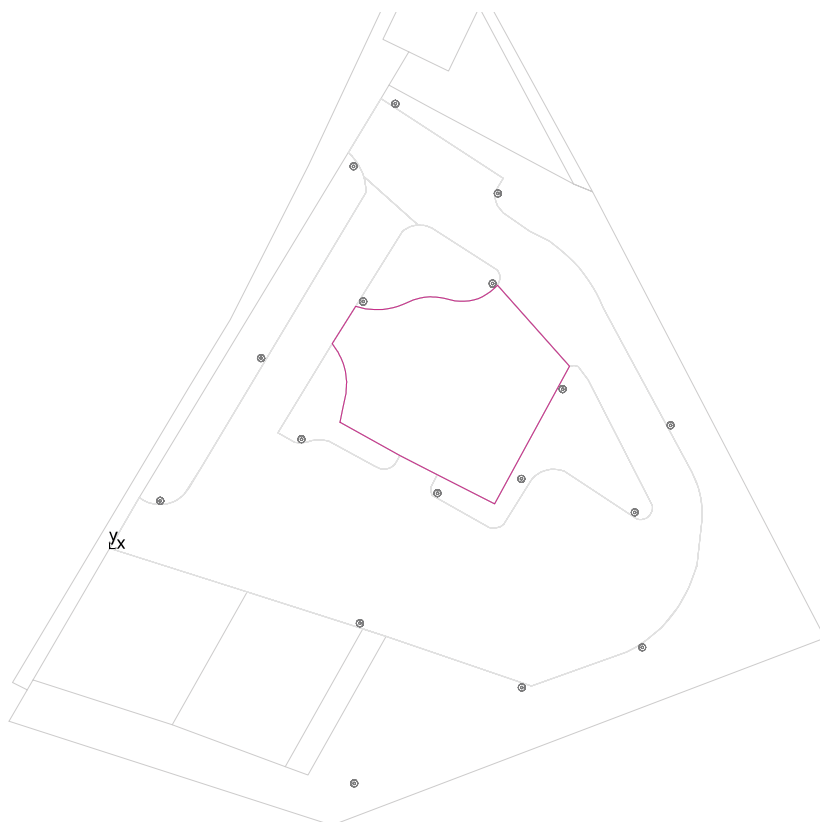
Escala: 1 : 500

Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 500

Objeto de resultado de superficies 2 / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)



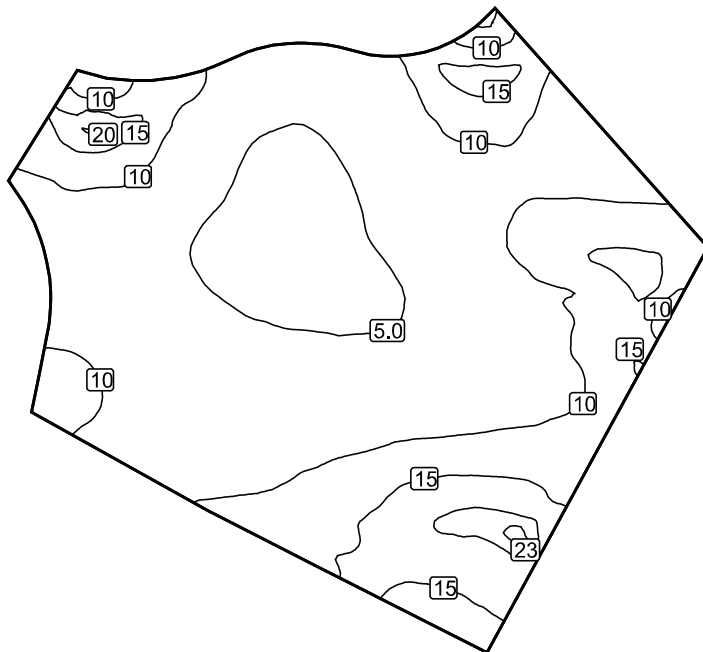
Factor de degradación: 0.80

Objeto de resultado de superficies 2: Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

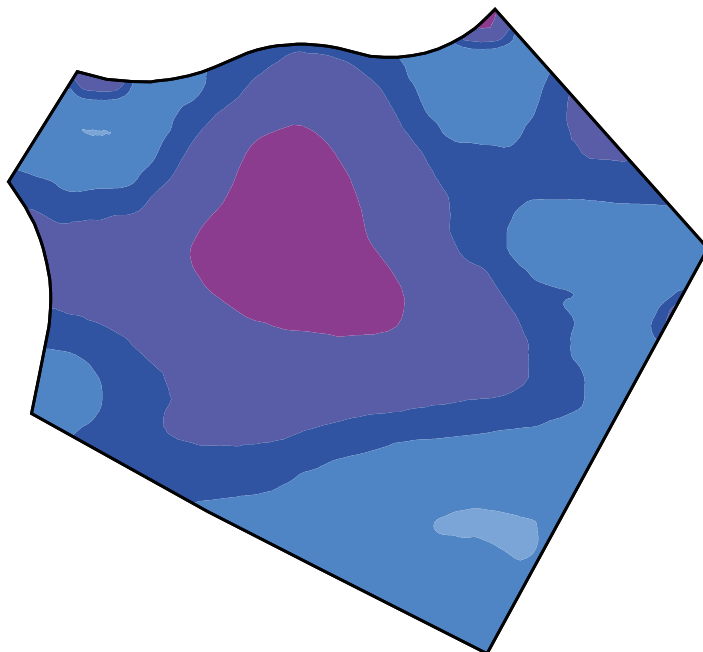
Media: 9.25 lx, Min: 4.42 lx, Max: 23.1 lx, Mín./medio: 0.48, Mín./máx.: 0.19

Isolíneas [lx]



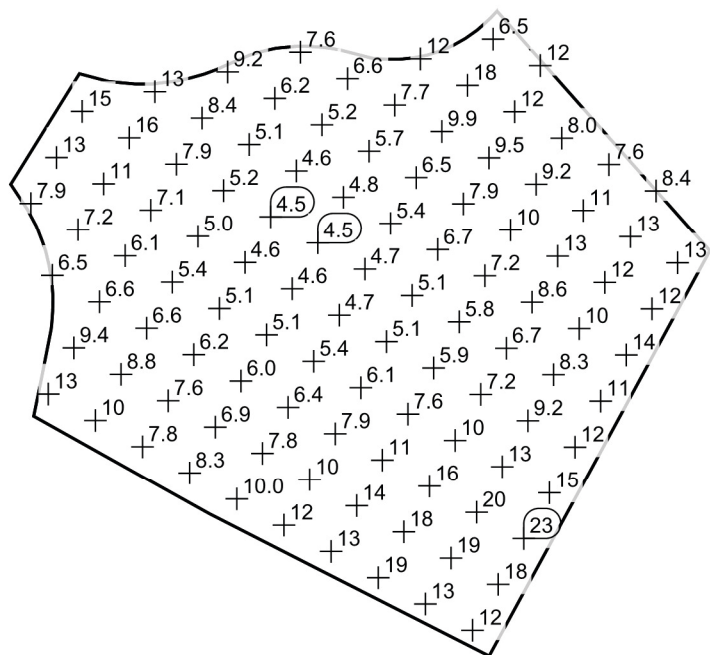
Escala: 1 : 200

Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 200

Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 200

